

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Oprava podvozků elektrických hnacích kolejových vozidel

Repair of Traction Railway Vehicles Bogies

Student:

Bc. Jindřich Dokoupil

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jaromír Široký, Ph.D

OSTRAVA 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jindřich Dokoupil**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie
Specializace: 10 Kolejová doprava
Téma: **Oprava podvozků elektrických hnacích kolejových vozidel**
Repair of Traction Railway Vehicles Bogies

Zásady pro vypracování:

Osnova:

1. Analýza požadavků a postupů při zjišťování rozměrových parametrů podvozků kolejových vozidel v rámci jejich opravy.
2. Porovnání použitelných metod měření.
3. Návrh nových technologií a metodik měření včetně specifikace technických zařízení.
4. Návrh elektronického systému pro sběr a prezentaci získaných údajů v průběhu opravy a zkoušení podvozků.
5. Provozně ekonomické zhodnocení návrhu.

Seznam doporučené odborné literatury:

Předpis ČD V25 Předpis pro organizaci údržby elektrických a motorových hnacích vozidel, osobních, vložených, přípojných a řídících vozů
Předpis ČD V99/21 Vyměřování rámu podvozků elektrických lokomotiv
Předpis ČD M15 Metrologický řád Českých drah
Podklady výrobců měřicí techniky

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jaromír Šíroky, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Jindřich Dokoupil

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Rýmařovská 69,
Šternberk,
785 01

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

DOKOUPIL, J. *Oprava podvozků elektrických hnacích kolejových vozidel : diplomová práce* : Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2012, 60 s. Vedoucí práce: Šíroký, J.

Diplomová práce se zabývá návrhem nových technologií a metodik měření v rámci oprav podvozků elektrických kolejových vozidel pro společnost DPOV a. s. Návrh spočívá v podrobné analýze současného stavu ve společnosti a možností nových technologií, které mohou být v rámci měření použity. Na základě analýzy se provede samotný návrh použité technologie. K použité technologii je vypracován i postup měření v tabulkovém provedení. Součástí je také návrh sběru a prezentace naměřených dat. Diplomová práce je završena provozně ekonomickým zhodnocením návrhu.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

DOKOUPIL, J. *Repair of Traction Railway Vehicles Bogies : Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2012, 60 pages. Supervisor: Šíroký, J.

The diploma thesis deals with a suggestion of new measuring technologies and methods for reparation of electric rail vehicle underframe for the company DPOV a. s. The proposal consists in detailed analysis of actual state of affairs in the company and in possibilities of new technologies which can be used for the measuring. On the basis of the analysis the suggestion of the used technology will be done. The measuring methodology in table depiction is worked out for the used technology. One part of the work is also a proposal of collection and presentation of the recorded data. The diploma thesis is concluded with an economic evaluation of the proposal.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	7
0. Úvod	9
1. Analýza požadavků a postupů při zjišťování rozměrových parametrů podvozků ŽKV v rámci jejich opravy	10
1.1. Legislativa oprav ŽKV	10
1.2. Metrologie, chyby měření	13
1.3. Charakteristika DPOV	17
1.4. Aktuální stav měření v DPOV	18
2. Porovnání použitelných metod měření	23
2.1. Možné metody měření	23
2.2. Příslušenství k měřidlům pro zpracování, exportování a importování dat	30
2.3. Měření rámců podvozků na jiných pracovištích	32
3. Návrh nových technologií a metodik měření včetně specifikace technických zařízení	35
3.1. Technické parametry navržených příslušenství a zařízení	36
3.2. Návrh metodiky měření	43
4. Návrh elektronického systému pro sběr a prezentaci získaných údajů v průběhu oprav a zkoušení podvozků	49
4.1. Technické parametry softwaru PolyWorks/Inspektor Probing a softwaru PolyWorks/Talisman	49
4.2. Návrh sběru dat	52
4.3. Prezentace získaných údajů	53
4.4. Databáze naměřených dat	55
5. Provozně ekonomické zhodnocení návrhu	60
6. Závěr	63
7. Seznam použité literatury	64
8. Seznam příloh	65

Seznam použitých značek a symbolů

- $\frac{\partial f}{\partial z_i}$ - parciální derivace funkční závislosti dle zdroje z_i
- \bar{x} – střední hodnota
- $\pm V$ – rozdíl změřených šířek kol
- a** – úchylka soustoposti
- a₁** – změřená veličina prvního měření jedné strany před pootočení o 180°
- a₂** – změřená veličina druhého měření jedné stran po pootočení o 180°
- ABS** – absolutní snímač
- AIFM** – absolutní interferometr
- C₁, C₂, C₃, C₄** - křížové míry na rámu podvozku
- CNC** – počítačově číslicové řízení (Computer Numeric Control)
- ČD** – České dráhy
- D₁, D₂** – křížové míry na rámu podvozku
- d_i** – průměr i-tého vodícího čepu
- d_{i-pom}** – pomocný průměr i-tého vodícího čepu
- D_{i-pouz}** – průměr pouzdra i-tého vodícího čepu
- D_{KR-pouz}** – průměr pouzdra otočného čepu
- D_{KR}** – průměr otočného čepu
- D_{KR-pom}** – pomocný průměr otočného čepu
- DKV** – Depo kolejových vozidel
- D_{oval}** – ovalita otočného čepu
- d_{oval}** – ovalita vodícího čepu
- DP** – diplomová práce
- f(x)** – hustota pravděpodobnosti výskytu náhodné veličiny
- LAN** – lokální síť (Local Area Network)
- MD** – Ministerstvo dopravy
- MPE** – největší dovolená chyba
- n** – počet měření
- NKS** – nekonečné kruhové smyčky
- s(\bar{x})** – směrodatná odchylka
- SPC** – integrované statické měření (Statistical Proces Control)
- SÚIP** – Státní úřad inspekce práce
- t** – polovina rozdílu mezi průměrem čepu a pouzdra
- u_A** – standardní nejistota typu A

u_B – standardní nejistota typu B

u_{Bzi} – standardní nejistota typu B zdroje z_i

u_C – standardní kombinovaná nejistota typu C

ÚKRJ - útvar kontroly a řízení jakosti

USB – univerzální sériový sběrač (Universal Serial Bus)

WI-FI – bezdrátové připojení (Wireless Fidelity)

$x_{11}, x_{12}, x_{21}, x_{22}$ - odchylka od hodnoty 1614,85 mm mezi vodícím a otočným čepem

x_i - dílčí hodnota

ŽKV – železniční kolejové vozidlo

μ – střední hodnota

σ – směrodatná odchylka

1 μm = 0,001 mm

1 kbps = 1 kilobit za sekundu (jednotka rychlosti přenosu dat)

1 GHz = 1 000 000 000 Hz (jednotka frekvence)

1 kW = 1 000 W (jednotka výkonu)

1 ot/min = 1 otočení za minutu (rychlost otáčení)

1 m/min = 1 metr za minutu (rychlost zdvihu)

0. Úvod

Cílem diplomové práce je seznámení se současným způsobem měření rámců podvozků elektrických hnacích kolejových vozidel ve společnosti DPOV a. s. a na základě tohoto zjištění provést návrh nových technologií a metodik měření. První kapitola „Analýza požadavků a postupů při zjišťování rozměrových parametrů podvozků kolejových vozidel v rámci jejich opravy“ se bude zabývat legislativou oprav ŽKV, metrologií a chyb měření. Dále bude součástí první kapitoly podrobné popsání aktuálního stavu měření ve zmiňované společnosti. V druhé kapitole „Porovnání použitelných metod měření“ bude popis možných použitelných měřidel, jejich vlastností a možností přenosu dat naměřených hodnot. Také zde bude popis měření rámců v jiných společnostech než v DPOV. V kapitole nazvané jako „Návrh nových metod a metodik měření včetně specifikace technických zařízení“ budou popsána veškerá navrhnutá zařízení potřebná pro měření následována navrhnutím samotného postupu měření. V této části bude vypracována detailní dokumentace postupu měření. „Návrh elektronického systému pro sběr a prezentaci získaných údajů v průběhu opravy a zkoušení podvozků“ se bude zabývat popisem softwaru pro sběr naměřených dat, návrhem způsobu sběru dat v softwaru a vypracováním možného výstupního protokolu měření. Diplomovou práci završí poslední kapitola „Provozně ekonomické zhodnocení návrhu“, kde budou uvedeny veškeré finanční náklady spojené se samotným návrhem daného zařízení, který bude navrhnuť ve dvou předchozích částech práce.

1. Analýza požadavků a postupů při zjišťování rozměrových parametrů podvozků ŽKV v rámci jejich opravy

1.1. Legislativa oprav ŽKV

Podmínky pro provoz drážního vozidla upravuje Zákon o drahách č. 266/1994 Sb. §43 odstavec (1), který říká následující.

„Na drahách lze provozovat drážní vozidlo, které svoji konstrukcí a technickým stavem odpovídá požadavkům bezpečnosti drážní dopravy, obsluhujících osob, přepravovaných osob a věcí a jehož technická způsobilost byla prokázána shodou se schváleným typem.“

[1]

Pravidelné technické kontroly ŽKV musí být následně prováděny v souladu s Vyhláškou MD č. 173/1995 Sb. §64, která vychází z již výše zmiňovaného Zákona o drahách. Této vyhlášce o pravidelných technických kontrolách podléhají hnací drážní vozidla, tažená drážní vozidla a speciální vozidla. Technická kontrola se provádí na základě časové lhůty, technického stavu hnacích kolejových vozidel nebo kilometrického proběhu v závislosti na druhu vozidla. Zajištění bezpečnosti a spolehlivosti ŽKV v provozu je dáno udržovací soustavou. Udržovací soustava hnacích kolejových vozidel se skládá z několika stupňů a tj. denní prohlídky, provozní ošetření, malá prohlídka periodické opravy, plánované revize a kontroly, běžné opravy, a provádění změn schváleného stavu hnacího kolejového vozidla. Udržovací soustava má za účel zabezpečit bezpečnost a spolehlivost vozidla v provozu. Po uplynutí časového intervalu mezi údržbou vyšších stupňů se musí drážní vozidlo odeslat do opravny, kde dochází ke kontrole technické způsobilosti pro provoz na drahách.

Odeslání vozidla do opravny

Úkolem provozovatele železničního kolejového vozidla, před samotným odesláním do opravny, je provést odzbrojení inventáře mimo hasící přístroj, vyprázdnění písečníků, vypuštění provozních hmot popřípadě ponechání přiměřeného množství těchto hmot v závislosti na tom, zda vozidlo se dopraví svou vlastní silou či nikoli. V případě odeslání vozidla přímo z trati, tedy jestliže je vozidlo násilně poškozeno, může nastat výjimka, která umožní přistavení vozidla i s provozními hmotami nebo plným písečníkem. Jestliže to vyžaduje konstrukční provedení hnacího kolejového vozidla, které se nepřepravuje vlastní silou, tak

se provede odpojení pohonu náprav od motoru a zajištění neutrální polohy pohonu hnací nápravy. Dalším důležitým úkolem provozovatele je provedení kompletní prohlídky vozidla, která má zjistit a upozornit na další možné požadavky vůči opravárenskému podniku. Dále také musí provozovatel provést vyčištění hnacího kolejového vozidla.

Opravně se předají řádně vyplněné doklady a objednávací list a to nejpozději s hnacím kolejovým vozidlem. V objednávacím listě je uveden rozsah předem sjednaných oprav, seznam prací nad rámec tohoto sjednaného rozsahu, požadované běžné opravy a písemné upozornění na zjištěné závady doplněné důležitými informacemi, které jsou potřebné k provedení opravy. Při převězení vozidla sepíše pověřená osoba opravny a provozovatele předávací protokol, kde je popsán technický stav a vybavení výstroje hnacího kolejového vozidla.

Měření rámu podvozku

Souhrn všech požadavků a postupů při zjišťování rozměrových parametrů podvozku kolejových vozidel v rámci jejich opravy je uveden v předpise ČD V99/21 - Vyměřování rámu podvozků elektrických lokomotiv. Tento předpis nám přímo definuje místa měření, jmenovité rozměry a jejich tolerance, které jsou platné pro daný typ podvozků elektrických lokomotiv. Dané rozměry musí platit pro rámy podvozků, které podstoupily střední či generální opravu, a také pro rámy, které byly násilně poškozeny, nebo u kterých došlo k vykolejení. Výše uvedený předpis myslí na všechny elektrické lokomotivy, které mají vedení ložiskových skříní buď pomocí svislých vodících čepů tj. lokomotivy řady 181, 182, 183, 100, 140, 121, 122, 123, 141, 110, 209, 210, 350 a nebo pomocí ojnic tj. 230, 240, 241. Předpis je platný již od roku 1978, to znamená, že po 34 letech jeho platnosti je předpis zastaralý, disponuje oproti současnosti rozdílným označováním udržovacích stupňů a také nemyslí na nové řady elektrických lokomotiv a elektrických jednotek. Proto se rámy podvozků nových řad elektrických lokomotiv a jednotek měří podle pokynů výrobců.

Nepoškozené rámy, které prochází střední nebo generální údržbou jsou přeměřovány v rozsahu daném příslušnými měřicími listy viz. příloha A. Rámy, které byly násilně poškozeny, podléhají jak přeměřování za pomoci měřících listů, tak i za pomoci jejich výrobních výkresů. Jestliže kontrolované rozměry nevyhovují stanoveným tolerancím daného typu rámu podvozku (rámy podvozků s vodícími čepy nebo rámy podvozků s vedením pomocí ojnic), tak dochází k jejich opravám. Postupy oprav jsou stanoveny v předpise ČD V99/21 následovně.

„Rámy podvozků s vodícími čepy

- 1) Při nápravě podélných, příčných a křížových rozměrů možno použít ohřev za podmínek, které pro každý případ určí svářečí technik a vlastní vykonání kontroluje pracovník Útvaru kontroly a řízení jakosti příslušné opravny.*
- 2) Při zvětšení rozestupu vodících ploch skříně ložiska tažného čepu rozměru „K“ nad stanovenou hranici (příloha č.1.) se musí zarovnat funkční plocha příčného trámu rámu, na kterou se potom přivaří nová kluzná deska z otěruvzdorného materiálu např. 17 618.1 ; 12 060.0 v rozměru daném výkresem.*
- 3) Vyhnutý otočný čep se musí vyměnit. Jestliže se ani po výměně nepodaří vyhovět tolerancím daným předpisem, přivaří se nové lůžko otočného čepu, po kterém se rám nově přeměří.*

Rámy podvozků s vedením pomocí ojnic

- 1) Příčný, podélný a křížový rozměr je možné na rámu kontrolovat pomocí přípravku, bez ohledu na to, či konzola má nebo nemá vyměřovací silentblok.*
- 2) Při nápravě podélných, příčných a křížových rozměrů možno použít ohřev za podmínek, které pro každý případ stanoví svářečí technik a vlastní vykonávání kontroluje pracovník ÚKRJ příslušné opravny“* [4]

Při plánovaném měření rámu podvozků se musí provést vyvázání. Vyvazování podvozků se provede odpojením kabeláže trakčních motorů, pohonu rychloměru a hadicových spojek, které přivádí vzduch do brzdových jednotek. Dále se odpojí mazání okolků, ruční brzda, hadice pískování a spojka mezi podvozky. Z vyvazaného rámu se dále musí odpojit kloubovou hřídel od pastorku převodové skříně, stavěče odlehlosti brzd, mazací zařízení okolků, závěs brzd, potrubí brzdových válců a také demontovat trakční motory. Na podvozku se následně provede vyvázání dvojkolí společně s ložisky, převodovou skříní a jejich závěsy. Po demontáži všech prvků z podvozků následuje řádné omytí od veškerých nečistot a vizuální kontrola všech svárů a vodících čepů na možnou přítomnost trhlin. V případě, kdy došlo k násilnému poškození rámu, se vyžádá provedení defektoskopie. Kontrolu na výskyt trhlin následuje přeměřování rozměrů součástí, pouzder, čepů a závěsů

převodových skříní. Po ukončení kontroly a následné opravy rámu podvozku se provede obnovení nátěru.

Převzetí vozidla z opravy

Přejímka vozidla z opravy je zásadně prováděna inspektorem kvality, který do opravy dorazí na základě e-mailové zprávy, kde je uveden den a hodina ukončení opravy hnacího kolejového vozidla. Opravna musí informovat středisko oprav kolejových vozidel o ukončení oprav hnacího kolejového vozidla alespoň tři pracovní dny předem. Inspektor kvality i s oprávněným zástupcem opravy následně podepíše protokol o převzetí vozidla z opravy. Opravna musí s předáním vozidla také předat inspektorovi kvality veškeré doklady ke kontrole, zda jsou správně vyplněny. Jestliže nedojde k předání protokolů současně s hnacím kolejovým vozidlem, tak opravna musí tyto doklady dodat nejpozději do dvou pracovních dnů od převzetí vozidla.

1.2. Metrologie, chyby měření

Metrologie je obor, zabývající se všemi činnostmi měření a jako takový obor je základem jednotného a přesného měření. Činnost metrologie je řízení jakosti, která je spojena s udržováním, evidencí, kalibrací, ověřováním měřidel a dodržováním metrologického řádu. Metrologii jako takovou představují tři kategorie. První kategorií je fundamentální metrologie, která je základem metrologického systému. Charakterizující pro fundamentální metrologii je vědecký výzkum. Druhá kategorie je průmyslová metrologie, která plní úlohu správnosti měření ve výrobě. Dále zajišťuje kalibraci etalonů a pracovních měřidel. Třetí kategorií je legální metrologie. Úkolem legální metrologie je stanovit zákonné měřicí jednotky dle zákona č. 119/2000, stanovit požadavky na měřidla, metody měření a zkoušení. Ověřováním a kalibrací měřidel je chápána činnost, při které dochází ke zjišťování a následně k potvrzení, že měřidlo odpovídá metrologickým vlastnostem. Na základě toho vydává Český metrologický institut či autorizované metrologické středisko ověřovací list. Měřidla se také mohou označovat úřední značkou.

Chyby měření, jejich příčiny a členění

Měření má za úkol určit měřenou hodnotu. Každé měření je založeno na vhodné metodě měření a postup měření. Každý výsledek měření je kompletní, zda je doplněn údaji o nejistotě. Jestliže se opakuje měření za stále stejných podmínek, tak se zjistí, že výsledky

nejdou konstantní, tudíž se od sebe liší. Odlišnost výsledků opakovatelného měření je zapříčiněna nedodržením správných podmínek měření, nepřesnostmi měřicího systému atd. Z toho plyne, že při každém měření vzniká chyba měření, která je zapříčiněna měřidly, měřícím systémem, měřicími metodami, prostředím měření nebo zkušenostmi osoby, která provádí a vyhodnocuje měření. Na chybu je pohlíženo tak, že se skládá ze dvou složek a to z náhodné a systematické složky.

Všechny chyby jsou náhodného charakteru, tedy vznikají nepředvídatelné nebo časově náhodné a prostorové variace ovlivňující naměřenou veličinu. Opakováním měření dané veličiny se získá soubor naměřených hodnot, který bude vlivem působících náhodných chyb vykazovat rozptýl. Z daného souboru naměřených hodnot lze určit velikost náhodné chyby a to pomocí intervalu. V tomto intervalu se s určitou jistotou bude nacházet skutečná naměřená hodnota. U náhodných chyb platí, že malé chyby se vyskytují častěji než chyby velké. Taktéž platí, že chyby kladné se vyskytují jako chyby záporné. Náhodné chyby se řídí podle Gaussovo rozdělení. Kde se hustota pravděpodobnosti výskytu náhodné veličiny vypočítá podle vzorce č.1 [9].

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} e^{\frac{-(x_i - \mu)^2}{2 \cdot \sigma^2}} \quad (1)$$

$f(x)$	[-]	hustota pravděpodobnosti výskytu náhodné veličiny
σ	[-]	směrodatná odchylka
x_i	[-]	dílčí hodnota
μ	[-]	střední hodnota

Vznik systematických chyb je zapříčiněn působením vlivů, které působí soustavně a jednoznačně na výsledek měření. Systematickou chybu lze zjistit opakovaným měřením například za jiných měřících podmínek, měření na jiném přístroji nebo třeba jinou osobou, která měření provádí. Podle poznatelnosti jsou systematické chyby zjistitelné nebo neznámé. Zjistitelné systematické chyby mají určitou hodnotu a znaménko, tudíž je lze použít ke korekci naměřené hodnoty. S neznámými systematickými chybami se zachází jako s náhodnými chybami a spadají do nejistoty měření, protože nemají konkrétní znaménko, a tedy je nelze použít ke korekci. Na výskyt systematické chyby má vliv chyba měřidel, měřící metody, osobní nebo způsobená vlivem prostředí.

Třetí možností chyb jsou chyby hrubé, které jsou zapříčiněné nesprávným provedením měření, odečtem údaje, způsobem zpracování apod. Výsledky měření, které jsou ovlivněné hrubou chybou se nepoužívají, tudíž dochází k jejich vyčleňování ze souboru naměřených hodnot.

Nejistoty

Nejistotu měření lze chápat jako parametr, který charakterizuje rozsah hodnot kolem naměřené hodnoty. Tento interval se přiřazuje hodnotě měřené veličiny. Nejistota měření je v praxi zapříčiněna působením hned několika vlivů a to buď současně a nebo samostatně působících. Je to například neúplná definice měřené veličiny, nedokonalá realizace definice měřené veličiny, osobní chyba správnosti čtení na analogových přístrojích, nepřesné hodnoty etalonů a referenčních materiálů nebo v neposlední řadě variace v opakovaných pozorováních měřené veličiny za zdánlivě identických podmínek. Nejistoty měření se dělí na dvě kategorie a to na standardní nejistoty typu A (u_A) a B (u_B). Dělení je podle způsobu vyhodnocení.

Opakováním měření se získá standardní nejistoty typu A (u_A), kde platí, že se zvyšujícím počtem měření tyto nejistoty klesají. Standardní nejistota se zjistí výpočtem směrodatné odchylky pomocí vzorce č.2 [9].

$$u_A = s(\bar{x}) = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n \cdot (n-1)}} \quad (2)$$

u_A	[-]	standardní nejistota typu A
$s(\bar{x})$	[-]	směrodatná odchylka
x_i	[-]	dílčí hodnota
\bar{x}	[-]	střední hodnota
n	[-]	počet měření

Hodnotu u standardních nejistot typu B (u_B) není závislá na celkovém počtu měření. Metoda určování standardní nejistoty typu B je jiná než u nejistot typu A. Způsoby určování jsou například podle odhadu na základě zkušeností, nejistoty určení tabulkových koeficientů, údajů nejistot uvedené v ověřovacích listech etalonů atd. Stanovení nejistoty typu B se skládá z několika kroků a to vytipováním možných zdrojů nejistot, určením daných nejistot, určením korekčních koeficientů a následný výpočet výsledné nejistoty pro vzá-

jemně nezávislé zdroje (viz. vzorec č.3) a výsledné nejistoty pro vzájemně závislé zdroje (viz. vzorec č.4).

Pro vzájemně nezávislé zdroje [9]

$$u_B = \sqrt{\sum_{i=1}^k \left(\frac{\partial f}{\partial z_i} \cdot u_{Bzi} \right)^2} \quad (3)$$

Pro vzájemně závislé zdroje [9]

$$u_B = \sqrt{\sum_{i=1}^k \left(\frac{\partial f}{\partial z_i} \cdot u_{Bzi} \right)^2 + \sum_{i,k=1; i \neq k}^k \frac{\partial f}{\partial z_i} \cdot \frac{\partial f}{\partial z_k} \cdot u_{Bzi} \cdot u_{Bzk} \cdot r_{zik}} \quad (4)$$

u_B	[-]	standardní nejistota typu B
$\frac{\partial f}{\partial z_i}$	[-]	parciální derivace funkční závislosti dle zdroje z_i
u_{Bzi}	[-]	standardní nejistota typu B zdroje z_i

Třetí standardní nejistota je kombinovaná nejistota u_C , která se zjistí podle vzorce č. 5 [9].

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (5)$$

u_C	[-]	standardní kombinovaná nejistota typu C
u_B	[-]	standardní nejistota typu B
u_A	[-]	standardní nejistota typu A

Z této nejistoty se určí rozšířená kombinovaná nejistota U_C , která je charakterizována intervalem. Tento interval má malou pravděpodobnost překročení.

U vyjadřování výsledku měření se musí nejistota uvádět na dvě desetinná místa. Výběrový průměr se zaokrouhluje stejně jako výsledná nejistota, tedy také na dvě desetinná místa např. $L = (135,64 \pm 0,15)\text{mm}$.

1.3. Charakteristika DPOV

Společnost DPOV a. s. je společností se sídlem v Přerově, která vznikla roku 2007 jako dceřina společnost Českých drah. Její organizační uspořádání je složeno z provozního střediska oprav Přerov, Nymburk, Veselí nad Moravou a z provozního pracoviště oprav Olomouc, Valašské Meziříčí a Břeclav. DPOV se zabývá modernizací, opravami a prohlídkou železničních kolejových vozidel. Profesionalita prováděných služeb je zajištěna nejen vyškolenými specialisty, ale také samotným udělením certifikátu jakosti ISO 9001:2000. Provozní středisko oprav Přerov zajišťuje kompletní servis pro elektrické lokomotivy a jednotky. Z tohoto důvodu je vybaveno například zkušebnou elektrických lokomotiv, podúrovňovým soustruhem na opravu jízdního profilu kola, opravnou trakčních motorů, kolejovou vahou apod. Ve svých ostatních pracovištích zajišťuje opravy dieselových lokomotiv, motorových vozů, opravy převodovek, spalovacích motorů, trakčních motorů a v neposlední řadě také například povrchovou úpravu skříní hnacích vozidel. Součástí technologie oprav ŽKV je taktéž vyvazování podvozku s následnou kontrolu rámu podvozku. Jestliže to stav rámu nutně vyžaduje, tak je provedena jeho oprava.

1.4. Aktuální stav měření v DPOV

Postup měření

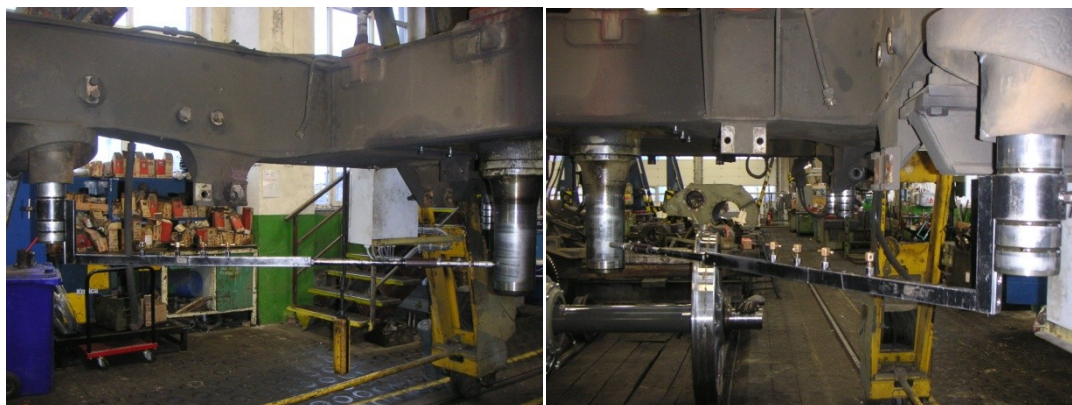
Aktuální postup měření rámu podvozku elektrických lokomotiv ve společnosti DPOV a. s. je takový, že dojde k úplnému vyvázání podvozku lokomotivy. Na tomto podvozku se provede demontáž veškerých prvků, bránící jak přesnému měření, tak i snadné manipulaci s rámem, který se musí z důvodu měření jednotlivých vzdáleností čepů otočit čepy nahoru a to pomocí jeřábu, avšak ve většině případech dochází k pouhému zavěšení ocelovými lany. Aby se předešlo vzniku nepřesností při samotném měření rámu, tak dochází k jeho řádného očištění.

Pracovníci, kteří měření rámu vykonávají, jsou vybaveni již předtištěným protokolem o měření rámu podvozků dané řady lokomotivy, do kterého zaznamenávají zjištěné hodnoty. Taktéž jsou vybaveni k této činnosti příslušnými analogovými měřidly.

K jako prvnímu zjištění hodnot dle protokolu dochází k naměření kóty C_1 , C_2 , C_3 a C_4 , což jsou jednotlivé vzdálenosti mezi vodícími čepy a to do úhlopříčky (viz. příloha A). Tyto hodnoty se měří za pomoci měřidla určeného pro měření vzdálenosti čepů, které můžeme vidět na obr.č.1. Měřidlo je tyčového tvaru, kde je na jednom konci opatřeno tzv. okem o průměru vodícího čepu s nepatrnou vůlí pro lepší nasazení na čep a na druhém konci je měřidlo opatřeno mikrometrickou hlavicí. Měřidlo se nastaví na měřený rozměr, nasadí se na vodící čep a po správném ustavení na protější měřený čep se měřidlo zafixuje na straně oka pomocí šroubu. Tím se zabrání rotačnímu posunu měřidla podél svislé osy čepu. Potom pomocí mikrometrické hlavy se dotáhne na celkovou měřenou hodnotu a zaaretuje proti pohybu. Aby se ověřilo, že hodnota je dobře změřena respektive, že vřeteno hlavy se dotýká celou svou plochou daného průměru čepu a nikoli pouze jeho hranou, tak se měřidlem jemně zapruží do stran. Jestliže při zapružení měřidlem vřeteno hlavy nenažije hranou o čep, tak se může předpokládat, že hodnota je dobře změřena. Odečtený rozměr se ihned zaznačí do příslušné tabulky měřícího listu.

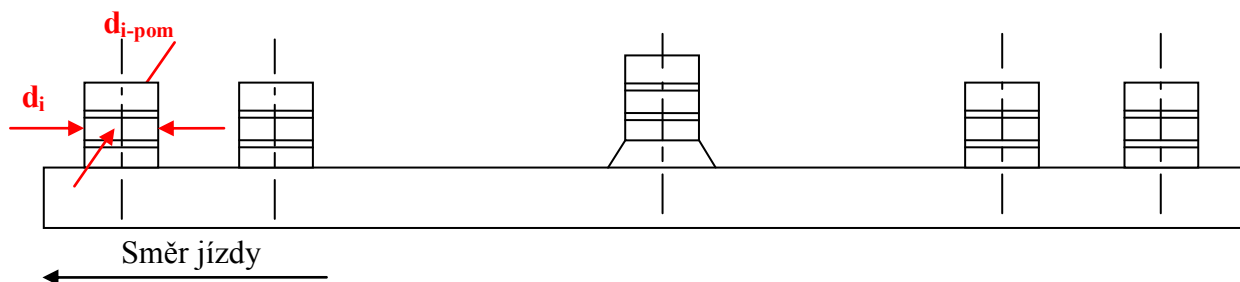
Po stanovení hodnot C_1 až C_4 se přechází k měření hodnot označených jako D_1 a D_2 . Hodnota D_1 a D_2 je rozměr, který se určí změřením vzdálenosti mezi dvěma vnitřními čepy a to opět do úhlopříčky (viz. příloha A). Jelikož na pracovišti DPOV není k dispozici měřka, která by změřila celý rozměr D_1 resp. D_2 najednou, tak dochází k tomu, že se za pomoci měřidla pro měření vzdálenosti vodících čepů, které lze nastavit na potřebnou délku,

zjišťuje hodnota vzdálenosti od vodícího čepu k otočnému čepu. To znamená, že kóta D_1 resp. D_2 se měří na dvakrát. Měření probíhá stejným postupem, jak je již výše uvedeno s tím rozdílem, že do měřících listů se zapisují pouze odchylky od nastavené hodnoty na měřidle. V důsledku toho se v jedné kolonce tabulky objeví dvě hodnoty. Tyto dvě hodnoty zároveň s naměřenou hodnotou průměru otočného čepu nám později umožní zjistit celkovou hodnotu kóty D_1 resp. D_2 a tím i následné ověření, zda nám výsledná hodnota vyhovuje.



Obr.č.1.: Měřidlo pro měření křížových hodnot

Třetí krok u měření rámu podvozku lokomotivy je měření průměrů vodících čepů a zjištění jejich ovality. Průměr vodících čepů se měří za pomoci analogového třmenového mikrometru. Postup měření je takový, že se na vodícím čepu změří hodnota d_i , která se určí přiložením třmenového mikrometru na střed délky čepu a zároveň rovnoběžně s osou podélníku rámu podvozku, což je znázorněné na obrázku č.2. Po odečtení a zapsání této hodnoty, do příslušného měřícího listu, se čep měří ještě jednou uprostřed jeho délky s tím rozdílem, že se mikrometr přiloží kolmo k ose podélníku rámu podvozku (obr.č.2). Tím se získá pomocná hodnota d_{i-pom} , která dopomáhá ke zjištění ovality vodícího čepu.



Obr.č.2.: Ukázka měření průměru a ovality vodícího čepu

Následujícím krokem měření rámu je zjištění průměru otočného čepu a zjištění jeho ovality opět za pomoci třmenového mikrometru s dostatečným měřicím rozsahem. Průměr otočného čepu se měří stejným způsobem jako je uvedeno u vodícího čepu, taktéž i následné zjišťování jeho ovality.

Předposledním krokem v měření rámu je zjištění hodnot průměrů pouzder vodících čepů D_{i-pouz} za pomoci dvoudotekového dutinoměru viz. obr.č.3. To se provádí tak, že dutinoměr je vložen do otvoru pouzdra vodícího čepu a následně dotažen na rozměr dutiny pouzdra. Takto dojde ke zjištění hodnoty průměru pouzdra, která se odečte z měřidla a následně za-nese do příslušné tabulky.

Zcela posledním měřením je měření průměru pouzdra otočného čepu a to také dvoudotkovým dutinoměrem. Princip měření průměru pouzdra otočného čepu je zcela stejný jako u pouzder vodících čepů.



Obr.č.3.: Dvoudotekový dutinoměr

Zpracování naměřených dat

Jako příklad, pro zpracování naměřených dat, lze uvést na základě měřicího listu v příloze A. Příloha se konkrétně zabývá hnacím vozidlem řady 163 nebo-li výrobním typem lokomotivy E 499.3. Kde změřené kóty C_1 , C_2 , C_3 a C_4 , musí odpovídat hodnotám o velikosti 2131,4 mm s možnou tolerancí v rozmezí -0,3 až 0,4 mm a to u nového rámu. Rozdíl mezi hodnotami C_1 a C_2 resp. C_3 a C_4 nesmí být po opravě větší než 1 mm.

U měření hodnot D_1 a D_2 je délka měřidla nastavena na hodnotu 1614,85 mm. Pozdějším zjištěním průměru otočného čepu lze za pomoci vzorce č.6 dopočítat, zda D_1 (D_2) odpovídá hodnotě 3229,7 mm. Rozdíl mezi hodnotami D_1 a D_2 je u nového rámu maximálně 1 mm a u rámu po opravě 2 mm.

$$D_{1(2)} = x_{11(21)} + x_{12(22)} + 3229,7 \text{ [mm]} \quad (6)$$

$D_{1(2)}$ [mm] vzdálenost čepu 6 (7) od čepu 3 (2) (viz. příloha A)

$x_{11(21)}$ [mm] odchylka od hodnoty 1614,85 mm mezi čepem vodícím 6 (7) a otočným

$x_{12(22)}$ [mm] odchylka od hodnoty 1614,85 mm mezi čepem vodícím 3 (2) a otočným

Průměry vodících čepů, které jsou změřeny pomocí třmenového mikrometru s rozsahem 100 – 125 mm, musí být rovny hodnotě 105 mm s maximální možnou tolerancí 0 mm až -0,3 mm. Při zjištění průměru d_{i-pom} se provede výpočet ovality pomocí vzorce č.7. Tolerance ovality vodícího čepu je maximálně 0,1 mm.

$$d_{oval} = |d_i - d_{i-pom}| \text{ [mm]} \quad (7)$$

d_{oval} [mm] ovalita vodícího čepu

d_i [mm] průměr i-tého vodícího čepu

d_{i-pom} [mm] pomocný průměr i-tého vodícího čepu

Naměřený průměr otočného čepu musí být roven hodnotě 140 mm, kde je povolena tolerance 0 až -0,7 mm. Pro zjištění ovality otočného čepu se musí stanovit průměr D_{KR-pom} , který se následně použije ve vzorci č.8. Ovalita otočného čepu smí být stejně velká jak ovalita vodících čepů, tedy maximálně 0,1 mm.

$$D_{oval} = |D_{KR} - D_{KR-pom}| \text{ [mm]} \quad (8)$$

D_{oval} [mm] ovalita otočného čepu

D_{KR} [mm] průměr otočného čepu

D_{KR-pom} [mm] pomocný průměr otočného čepu

Naměřené hodnoty průměru pouzdra vodícího čepu a průměru vodícího čepu se zpracují pomocí vzorce č.9, kterým se určí parametr t tj. polovina rozdílu mezi naměřenými hodnotami a to za předpokladu, že tento rozdíl se může být v rozmezí (0,27 – 0,41) mm.

$$t = \frac{(D_{i-pouz} - d_i)}{2} \text{ [mm]} \quad (9)$$

t	[mm]	polovina rozdílu mezi průměrem čepu a pouzdra
d_i	[mm]	průměr i -tého vodícího čepu
D_{i-pouz}	[mm]	Průměr pouzdra i -tého vodícího čepu

Rozměr průměru pouzdra otočného čepu, který je změřen dvoudotekovým dutinoměrem, musí být hodnoty 140 mm s maximální možnou tolerancí od 0 po +1 mm.

2. Porovnání použitelných metod měření

2.1. Možné metody měření

Při měření rámu podvozku se využívá hned několik možných metod měření. Tyto metody spočívají především v použití různých typů měřidel. Měřidla používaná u měření mohou být analogová, digitální, doteková nebo laserová respektive optická. V závislosti na použitých měřidlech jsou metody různě obtížné a na přípravu časově náročné. Při volbě měřidel se musí také brát v úvahu poměr finanční náročnosti, jako je pořizovací cena měřidel a jejich kalibrace, s počtem měření za dané časové období a to proto, aby se určilo, zda jsou pro nás použita měřidla výhodná.

Analogová měřidla

Analogová měřidla se od digitálních měřidel liší převážně způsobem odčítání hodnot, avšak samotná konstrukce měřidel zůstává stejná. Analogové měřidlo na rozdíl od digitálního měřidla disponuje stupnicí, která je vyražena na bubínku a pouzdru daného měřidla (viz. obr.č.4).



Obr.č.4.: Analogové měřidlo (třmenový mikrometr) s popisem základních pojmů - [6]

Pro měření průměrů a ovality vodících čepů se může používat analogový třmenový mikrometr (viz.obr.č.4) s rozsahem (100 – 125) mm a pro zjištění průměru a ovality otočného čepu, připadá v úvahu třmenový mikrometr s měřicím rozsahem (125 – 150) mm. Aby se neevidovalo, nepořizovalo, nepracovalo a také nekalibrovalo více měřidel než je nezbytně nutné, tak lze tyto dva třmenové mikrometry nahradit jedním a to s rozsahem

měření (100 – 200) mm s vyměnitelnými doteky, které umožňují změnu měřicího rozsahu mikrometru. Všechny uvedené analogové mikrometry měří s přesností na setiny milimetru.

Pro speciální měřidlo, které měří vzdálenosti mezi vodícími čepy a vzdálenosti vodících čepů od otočného čepu lze použít vestavěnou mikrometrickou hlavici, která disponuje měřicím rozsahem (0 - 25) mm a její měřicí přesnost je 0,01 mm.

Dále, měření průměru pouzdra otočného čepu, lze provádět za pomoci dutinoměru a to třídotekového (viz.obr.č.5) o rozsahu (100 – 125) mm s přesností na 5 tisícín milimetru. Pro změření průměru pouzdra otočného čepu je zapotřebí dutinoměr s měřicím rozsahem (125 – 150) mm, který také měří s přesností 0,005 mm.



Obr.č.5.: Analogový třídotekový dutinoměr - [6]

Digitální měřidla

Rozměry rámců podvozku se mohou také zjišťovat pomocí měření digitálních měřidel, které jsou pro odečítání hodnot pohodlnější, a také zabraňují vzniku špatného odečítání z měřidla. Pro měření průměru a ovality vodících čepů připadá v úvahu digitální třmenový mikrometr s rozsahem (100 – 125) mm a pro zjišťování parametrů otočného čepu digitální třmenový mikrometr s měřicím rozsahem (125 – 150) mm. Oba dva digitální třmenové mikrometry měří s přesností na 0,001 mm.

Pro měření vzdáleností mezi jednotlivými čepy, se v případě metody měření s digitálními měřidly může použít vestavěná digitální mikrometrická hlavice, která je vybavena dostatečně velkým a čitelným displejem. Tato hlavice měří s přesností na 0,001 mm a bude součástí speciálního měřidla pro tento úkon určený. Vestavěnou digitální hlavici lze vidět na obr.č.6.

Pro změření vnitřního průměru pouzdra jak vodícího, tak otočného čepu se dá provádět za pomoci digitálního třídotečkovým dutinoměru, který je znázorněn na obr.č.6. Dutinoměr pro pouzdro vodícího čepu má měřicí rozsah (100 – 125) mm a pro pouzdro otočného čepu (125 – 150) mm. Oba dva dutinoměry měří s přesností na tisícinu milimetru.



Obr.č.6.: Digitální vestavěná hlavice – digitální třídotečkový dutinoměr - [6]

Laserová měřidla

Laserové měřidlo Leica je plně přenosné souřadnicové měřidlo, které dokáže pracovat zcela bezdrátově. Jeho princip měření je založen na měření ve 3D statickém prostoru a to v reálném čase, kdy musí být stanoven souřadnicový systém, tedy osy x, y a z. Zjištění délkových rozměrů, vzdáleností konkrétních bodů a měření vzájemné polohy rovin tj. rovnoběžnost, kolmost, souosost apod. je umožněno pomocí určitého počtu bodů, které se zaznamenávají postupným určováním na měřeném objektu. Leica i na svůj velký měřicí rozsah je velmi přesné měřidlo, které umožňuje přeměřit jmenovité rozměry rámců a následně provést záznam a vyhodnocení výsledků měření za použití PC s dodávaným softwarem. Přenos dat do PC je zajištěn několika způsoby a to kabelovým spojením a nebo WI-FI připojením. Získávání souřadnic měřených bodů je zajištěno sledováním malé zrcadlové kuličky nebo-li odrazové zrcátko, sledováním sondy Leica T-Probe nebo sledováním pomocí laserového skeneru Leica T-Scan.

Dotykové měření

Zařízení pro dotykové měření může být například výložníkový CNC souřadnicový stroj značky Mitutoyo (viz.obr.č.7.) nebo měřící rameno CIMCORE Arm či ROMER Absolute Arm. Obě dvě možnosti měří ve 3D prostoru, tudíž dokážou současně změřit a zapsat hodnoty osy x, y a z. Velmi přesný CNC souřadnicový stroj je počítačem řízený zařízení, které může být vybaveno spínací sondou, skenovací sondou, laserovými doteky a nebo také kamerovým systémem. Měřicí zařízení spolupracuje se softwarem MCOSMOS s přídatnými funkcemi, což je například funkce pro měření hran či porovnávání modelu měřené součásti vytvořené v CADu. Rameno je napájeno buď za pomoci Li-ION baterie, která umožňuje měření bez přístupu k síti až po dobu 8 hodin a nebo pomocí napájení ze

sítě. Výměna jednotlivých sond je velmi rychlá a snadná a to bez potřeby opětovné kalibrace nebo kontrolního programu.



Obr.č.7.: CNC souřadnicový stroj Mitutoyo –CARBstrato - [7]

Měřicí rameno CIMCORE Arm (viz.obr.č.8) je jednoduché tříosé měřidlo, umožňující rychlé a přesné měření. Konstrukce měřidla zaručuje rotaci kolem základních os tak, aby se daná sonda dostala i do velmi nepřístupných míst. Stabilita polohy měřidla se zaručuje buď pomocí stativu, na který se měřidlo připevní a nebo za pomoci magnetické upínací základny disponujícími třemi magnety, které lze pomocí přepínače aktivovat či deaktivovat. Rameno komunikuje s PC příslušným softwarem za pomoci USB kabelu a nebo WI-FI připojení, které okamžitě po přiložení sondy a následného potvrzení tlačítkem umístěným na hlavě měřidla odesílá naměřené hodnoty. Sonda lze libovolně dle potřeby měnit na menší průměry aniž by byla za potřeby opětovná kalibrace zařízení. Existují dvě různé řady těchto ramen, které se následně ještě dělí hned na několik modelů. Ramena řady 73 jsou méně stabilní a mají menší prostorovou přesnost současně s opakovatelností bodu. Měřicí rozsah řady 73 je plynule odstupňován po 0,5 m a to od minimálního rozsahu 1,5 m na maximální rozsah 4,5 m. Prostorová přesnost u rozsahu 1,5 m je $\pm 0,037$ mm a u 4,5 m je $\pm 0,17$ mm. V závislosti na měřicím rozsahu se liší také hmotnost, která se pohybuje mezi 7,1 až 8,9 kg. Ramena řady 75 jsou stabilnější a přesnější. Jejich přesnost v závislosti na měřicím rozsahu (2 – 4,5) m dosahuje řádově v setinách milimetrů, což je například u měřicího rozsahu 4,5 m $\pm 0,082$ mm.

Měření, na magnetické upínací základně, se provádí následovně. V příslušném softwaru se nastaví již přednastavený model měření, kde jsou definovány rozměry, které se budou měřit, a také jejich tolerance od výkresových hodnot. Měřicí rameno se položí na měřenou

součást a provede se synchronizace měřicího přístroje s počítačovým programem. Samotné měření se provádí přiložením sondy na dané místo a potvrdí se tlačítkem, aby došlo k odeslání a zaznamenání měřeného parametru. Průměr a ovalita čepů popřípadě různých otvorů se stanoví za pomoci minimálně třech změřených bodů. Jestliže měřicí rozsah ramene nedostačuje k určení všech potřebných bodů, tak se provádí posun měřidla za pomoci tří magnetů, aniž by se muselo měřidlo opětovně ustanovit do nulové polohy. Tyto tři magnety se položí na měřený díl v dosahu ramene. Poté se měřidlem změří souřadnice těchto magnetů ve zvoleném pořadí. Následně se měřidlo může z dané výchozí pozice přesunout na druhou námi potřebnou pozici. Po upnutí měřidla se provede opětovné načtení magnetů a to ve stejném pořadí. Touto operací se v softwaru určilo místo upnutí měřidla, které může dále pokračovat v měření křížových hodnot apod.



Obr.č.8.: Měřicí rameno CIMCORE Arm - [14]

Výhody a nevýhody metod měření

Analogová měřidla jsou na pořízení a případnou kalibraci levnější a jejich přesnost se pohybuje v setinách milimetru, také jsou cenově levnější než digitální měřidla a méně náchylná na různé vlivy například na otřesy, chladicí emulze nebo na případný pád měřidla na zem. U mechanických měřidel je nevýhodou to, že měří s menší přesností a hlavně, že při odečítání hodnot může nastat chyba měření spojená se špatným odečítáním hodnot z měřidla, a to z důvodu stupnice. Stupnice je totiž dělena na několik dílků a při měření může nastat stav, kdy ukazatel měřené veličiny se nekryje s žádným dílkem, tudíž leží mezi dělicími čárkami. V tento moment dochází k odhadu části daného dílku a s tím ke vzniku velikosti chyby odhadu. Další nevýhodou analogových měřidel je stupnice, která je hůře čitelná při zanesení nečistotami. Toto zanesení může být zapříčiněno chladicí emulzí, oleji, mazivy atd. Dále čitelnost stupnice může činit problém lidem, kteří mají zrakový handicap.

Možnost hůře čitelné stupnice nám může ovlivnit správnost měření zapříčiněno chybným odečtením hodnot.

Digitální měřidla jsou sice náročnější na pořízení, ale mají své nesporné výhody. Nejenže jsou přesnější, ale také mají i některé funkce, kterými analogová měřidla nemohou disponovat. Každé digitální měřidlo je vybaveno velkým a snadno čitelným displejem zobrazující přímo číselnou hodnotu, který výrazně zabraňuje vzniku chyb měření zapříčiněných špatným odečítáním hodnot. Také tím odpadají chyby spojené s odhadováním části dílků ze stupnice. Funkce digitálních měřidel, jako je ABS, umožňuje vynulování měřidla v jakékoli pozici aniž by došlo ke ztrátě vztahu k referenčnímu bodu, také může docházet k přepínání z relativního na absolutní měření. Další funkcí měřidel je funkce RESET, kterou lze použít k vynulování měřidla při relativním měření. Dále digitální měřidla umožňují přepínání měřících jednotek. Tedy z milimetrů na palce a naopak. Aretaci, která zabraňuje ztrátě naměřených hodnot u analogových měřidel vlivem například nechtěného pootočení bubínku, nám nahrazuje funkce zamknutí reference.

Velkým počtem výhod disponují měřidla, která jsou založená na principu optického paprsku. Měřidla zaručují i přes jejich velký měřící rozsah velmi nízkou nepřesnost měření a to ve všech směrech. Měření úhlů a délek probíhá v reálném čase a to i za méně příznivých měřících podmínek. Dalšími výhodami je možnost dálkového ovládání bez nutnosti přípojných kabelů, jeho mobilita, možná svislá rotace zařízení $\pm 145^\circ$, a také vodorovná rotace $\pm 360^\circ$, což zaručuje zdvojnásobení měřícího rozsahu. Nevýhodou měřidla je pořizovací cena přístroje a softwaru. Software umožňuje převod naměřených dat do programu Excel.

Měřící rameno při dotykovém měření je výhodné z hlediska jeho mobility, která zaručuje snadné a rychlé použití v jakémkoli prostředí a to i bez přístupu k síti. Při správně zvolené délce měřícího ramene a správném použití, plně vyhovuje požadavkům na přesnost měření. Výhodou je také víceúčelové využití ramene, které lze využít například pro měření věnců dvojkolí, rozteče děr, válců spalovacích motorů atd. Další nespornou výhodou je jeho jednoduchost ovládání. Avšak nevýhodou měřícího zařízení je pořizovací cena, a také jeho nevhodnost pro měření velkých rozměrných součástí, protože to vede i k vícenásobným přesunům měřidla, které zapříčiňují vznik nejistot měření. Další nevýhodou těchto přesunů je také prodlužování samotného měření rámu podvozku.

CNC souřadnicové stroje mají sice stejné nebo velmi podobné vlastnosti měření jako je tomu u měřících ramen, ale pro aplikaci do železničního prostředí jsou velmi nevhodné hned z několika důvodů a to mnohem vyšší pořizovací náklady a velká náročnost na prostor. Další nevýhodou je také nepřemístitelnost stroje a tudíž jeho fixace na jedno místo, která činí nasazení stroje pro jiná měření obtížnějším.

Posouzením všech výhod mezi analogovými a digitálními měřidly potažmo posouzením požadavků na přesnost měření zjistíme, že analogová měřidla plně vyhovují daným požadavkům, avšak pouze pro malé série měření. Jestliže by se jednalo o větší počty měření, tak by více vyhovovaly digitální měřidla, která jsou pro měření pohodlnější, přesnější a snadnějším odečítáním hodnot rychlejší. Obecně dotykové měření vyhovuje daným požadavkům na měření a s dodávaným softwarem umožňuje snadné a poměrně rychlé zpracování a prezentaci naměřených dat, avšak jestliže měřící přístroj není stále v pracovním režimu, tak je neperspektivní. Laserové měřící zařízení je v porovnání s ostatními měřidly nejdražší, ale je velmi přesné a lze ho aplikovat na více druhů měření jako je měření rámců podvozků, rámců skříní, zjišťování rovinnosti skříně, některé hodnoty bloků spalovacích a trakčních motorů, uchycení tlapového motoru atd. Při porovnání laserového měřidla s dotykovým měřidlem je hlavní předností samotná mobilita přístroje a nevázanost na dosahu ramene. Avšak také u tohoto měření platí pravidlo stálého nasazení v pracovním režimu.

2.2. Příslušenství k měřidlům pro zpracování, exportování a importování dat

Dnešní digitální měřidla již umožňují plnou spolupráci s výpočetní technikou. Je tím chápáno, že při měření může docházet k okamžitému přenosu případně k částečnému zpracování dat. V rámci firmy Mitutoyo, která toto nabízí, se jedná o následující možnosti. Převod naměřených dat do PC je umožněno pomocí hned několika způsoby.

První a nejjednodušší způsob je pomocí USB kabelu. Toto spojení nám umožní přímý přenos dat z měřidla do příslušného programu, kde se dále tyto hodnoty mohou libovolně zpracovávat. USB kabel umožňuje standardně akční rádius 2 metry, který se však může zvětšit pomocí prodlužovacího kabelu o dalších 5, 8 nebo 10 metrů. Existuje 7 druhů konektorů pro výstup dat z různých měřidel, tedy při případném pořizování propojovacího kabelu se musí dbát na to, aby vyhovoval měřicímu přístroji. Pokyn pro odeslání naměřené hodnoty z měřidla do počítače je dáván stisknutím tlačítka DATA, který je na přístroji a nebo za pomoci nožního spínače.

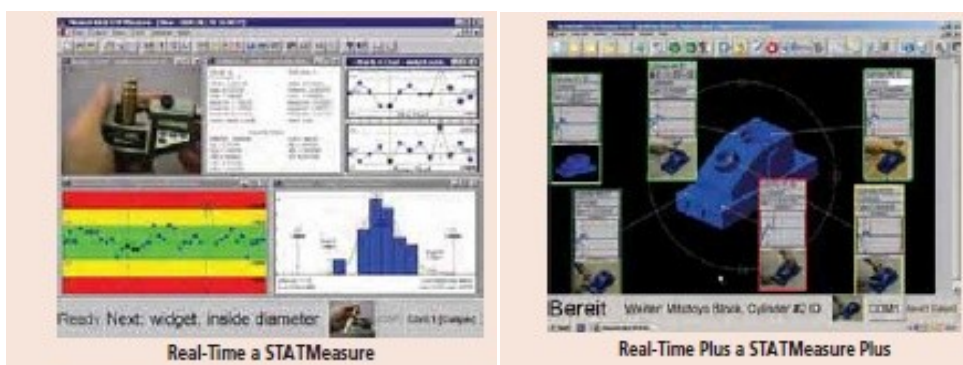
Druhou možností přenosu dat je bezdrátový systém U-WAVE, který je znázorněn na obr.č.9. Tento systém umožňuje jisté pohodlí měření z důvodu akčního rádiusu. Na měřidlo se připevní za pomoci držáku vysílač U-WAVE T a k PC se připojí přijímač U-WAVE R. Komunikační vzdálenost mezi vysílačem a přijímačem je při dodržení některých zásad až 20 metrů. Komunikační rychlost je 250 kbps a frekvence 2,4 GHz. Vysílač obsahuje prvek, který potvrzuje příjem přenesených dat počítačem respektive přijímačem. Potvrzení je řešeno LED indikátorem a nebo kombinací LED indikátoru s bzučákem.



Obr.č.9.: Bezdrátový systém přenosu dat U-WAVE - [7]

Třetí zajímavou možností pro sběr a přenos naměřených dat je použití přístroje nazývaného jako DIGIMATIC DL-1000/DL-1000M, což jsou tzv. dataloggery sloužící k uložení naměřených hodnot a pozdějšímu předání těchto dat na zpracování v PC. Výhoda u této možnosti může být viděna v tom, že není zapotřebí okamžitý přístup k výpočetní technice, ale už samotná potřeba dalšího přístroje je velkou nevýhodou a v rámci měření rámu podvozků nechtěné a velmi omezující v pohybu s měřidlem a současně s tímto zařízením.

Zpracování naměřených hodnot se může provést buď v běžně dostupném Excelu a nebo ve speciálních pro tyto účely dodávaných programech tj. STAT Measure a STAT Measure Plus (viz.obr.č.10). Softwary Measurlinku umožňují stanovit pořadí, ve kterém budou hodnoty měřeny a následně posílány do PC. Při změření některé z hodnot a jejím vložení do příslušného programu se automaticky program přepne na následující hodnotu v pořadí, která se má změřit. Dále umožňují vložit obrázek o jaký rozměr na dané součásti se jedná, stanovit horní a dolní tolerance jednotlivých hodnot, typ měřidla, kterým se daná hodnota měří apod. Dalšími vlastnosti softwaru je například možnost ukázat k měřeným hodnotám histogram s Gaussovou křivkou, statistiku, regulační diagram nebo vložení 3D obrázku (STAT Measure Plus) a případná práce s ním. V obou verzích je možné dělat protokoly, exportovat či importovat data.



Obr.č.10.: Ukázka programu STAT Measure a STAT Measure Plus - [7]

2.3. Měření rámu podvozků na jiných pracovištích

Měření rámu v ŽOS Trnava

Rám podvozku, který je očištěný a jsou z něj demontovány veškeré součásti se položí na tuhou měřicí desku, která podléhá kalibraci. Tato deska zabezpečuje rovinnou plochu s maximální možnou odchylkou 500 μm . Postavený rám na stojanech umožní změřit veškeré rozměry, které jsou požadovány v měřících listech. Zjišťování respektive kontrola rozměrů rámu se provádí obdobně jako v DPOV a. s. za pomoci analogových měřidel. Rámy, které nelze měřit v běžné poloze, se otáčí o 180°. K otáčení se používá polohovač.

Měření rámu v Ekova Elektrik

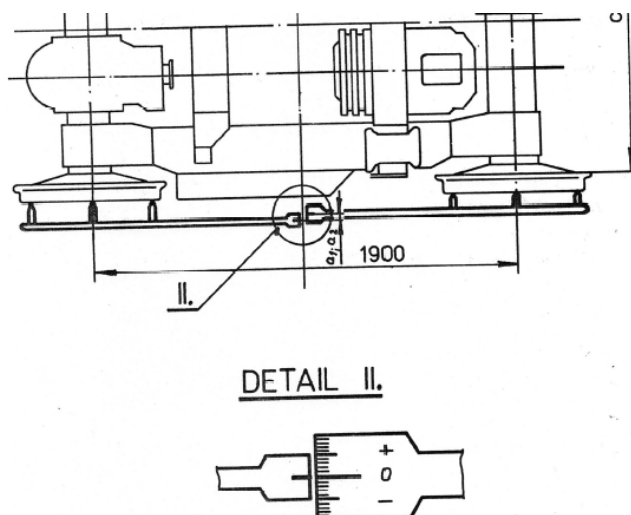
Ekova Elektrik je dceřinou společností Dopravního podniku Ostrava a. s. zabývající se údržbou, modernizací a výrobou tramvají, trolejbusů a elektrobusů. V rámci diplomové práce byla tato společnost navštívena z důvodu zjištění možných metod a postupů měření podvozků případně zpracování naměřených dat.

Vyvázaný podvozek tramvaje projde kompletní údržbou. Čímž je myšlena demontáž podvozku na jednotlivé díly, oprava těchto dílů a jejich očištění od veškerých nečistot, případně výměna špatného dílu za nový. Po těchto úkonech se podvozek opět smontuje a následně se přeměří soustopost kol použitím dvou pravítek, kde jedno pravítko je opatřeno ryskou a druhé pravítko stupnicí (viz. obr.č.11). Před samostatným zjištěním soustoposti kol se musí změřit šířka věnců kol za pomoci posuvného měřidla a následně z těchto hodnot stanovit rozdíl $\pm V$ změřených šířek kol. Zda šířka věnce monobloku, jedné strany podvozku, je širší tam, kde se přikládá pravítko se stupnicí, tak se použije ve výpočtu hodnota $-V$. Hodnota $+V$ se použije v opačném případě. Pravítka se přikládají na vnější čela věnců monobloku. Každé z pravítek se dotýká třemi body čela monobloku. Měření jedné strany podvozku na soustopost se provádí ve dvou polohách a to po otočení dvojkolí o 180°. Tím se zjistí parametry a_1 a a_2 , které se použijí pro výpočet úchylnosti soustoposti a to podle vzorce č.10 [11]. Soustopost může být ± 2 mm. Po zjištění soustoposti kol se provádí k nátěru některých částí podvozku jako protikoroze ochrana.

$$a = \frac{a_1 + a_2}{2} \pm V \quad (10)$$

- a [mm] úchylka soustoposti
- a_1 [mm] změřená veličina prvního měření jedné strany
- a_2 [mm] změřená veličina druhého měření jedné strany
- $\pm V$ [mm] rozdíl šířek kol

Zjištěná naměřená data se zapisují do knih, které jsou na jednotlivých pracovištích údržby podvozků. Zde jsou rovněž vedeny některé záznamy týkající se práce provedené na jednotlivých podvozcích. Měření a zápis se provádí za účasti pracovníka technické kontroly.



Obr.č.11.: Ukázka měření souososti podvozku tramvaje - [11]

Měření rámu v CZ Loko

Postup měření rámu podvozků ve společnosti CZ Loko se provádí následujícím způsobem. Vyvázaný rám podvozku se řádně očistí od veškerých nečistot za pomoci tlakového mytí proudem vody. Po této činnosti ještě následuje otryskávání rámu, což zcela dočistí daný rám od všech nečistot. Následně dochází k nástřiku nové barvy. Takto připravený rám podstupuje samotnému měření důležitých hodnot, které jsou uvedeny v měřících listech.

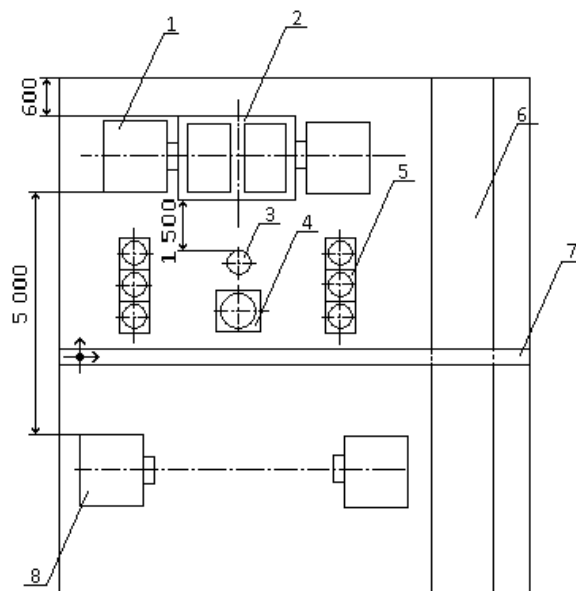
Rám podvozku se pomocí jeřábu otáčí o 180° tak, že vodící čepy a otočný čep je směrem nahoru. Tento rám se položí na pojezd, který umožňuje snadnou manipulaci s rámem a také přesuny rámu z jedné haly na druhou, kde se provádí samotné měření. Měření se provádí měřícím přístrojem CIMCORE Arm (viz. obr.č.8), což je měřící rameno vybaveno sondou pracující na principu dotykového měření. Tímto měřidlem společnost CZ Loko je

schopna nejen změřit hodnoty, které následně lze přenést do 3D modelu, ale také hodnoty, které se při určitých úpravách mohou plnohodnotně prezentovat za pomoci programu Excel. Měřicí přístroj je ve společnosti využíván pro více činností měření než je měření rámu podvozku.

3. Návrh nových technologií a metodik měření včetně specifikace technických zařízení

Na základě analýzy současné praxe měření rámu podvozků ve společnosti, posouzení všech výhod a nevýhod pro toto měření použitelných zařízení, a také na základě možných rizik naskýtajících se při měření bude navrženo v rámci DP hned několik zařízení, která jsou detailně popsána v následujících podkapitolách. Jedná se o nekonečné kruhové smyčky, které mají za účel zvýšit bezpečnost uvázání a zavěšení rámu. Další navrhnuté zařízení je polohovadlo 2x5t, které zcela odstraní měření prováděné pod zavěšeným břemenem. Poslední zařízení je samotné měřicí zařízení, které lze využít i pro jiné měření než je navrhováno

Schéma možného rozmístění navrhovaných zařízení v rámci pracovního místa je zobrazeno na obr.č.12. V okolí polohovadla 2x5t musí být zajištěn pracovní prostor do vzdálenosti 600 mm. Jestliže budou na pracovišti umístěny dvě polohovadla, tak s odstupem 5 000 mm. Mezi polohovadla se bude umisťovat měřicí zařízení. Umístění měřidla od polohovadla bude přibližně 1 500 mm a v blízkém okolí Trackeru budou umístěny pouzdra vodících čepů zároveň s pouzdem otočného čepu. Manipulaci rámu bude zajišťovat jeřáb.



Obr.č.12.: Schéma možného rozvržení pracovního místa – 1 – Polohovadlo 2x5t; 2 – Rám dvounápravového podvozku; 3 – AT901-MR; 4 - Pouzdro otočného čepu; 5 – Pouzdra vodících čepů; 6 – Kolejový pás (kanál); 7 – Mostový jeřáb; 8 – Polohovadlo pro šestinápravový rám podvozku

3.1. Technické parametry navržených příslušenství a zařízení

Polohovadlo

Polohovací zařízení (viz. obr.č.13) je svařenec z ocelových plechů a profilů skládající se ze dvou sloupů a to hnacího a podpěrného s nosností 2x5t, které jsou pevně ukotveny k podlaze. Polohovadlo umožňuje snadnou manipulaci s břemenem a velmi bezpečně ním dokáže otočit o 180°. Zařízení je zpracováno podle systému jakosti výroby odpovídající normě ISO 9001. Vnitřkem sloupu je vedena závitová tyč s trapézovým závitem o velikosti TR 70x14, který zajišťuje pohyb vozíku směrem nahoru a dolů. Pohyb je zajištěn pomocí brzdového elektromotoru o výkonu 2,2 kW, který je převodován šnekovou převodovkou. Vozík je veden valivými ložisky, které se odvalují po vnitřní straně sloupu, který je vyložkován materiálem Murtfeld. Na vozíku je namontované nosné rameno, které disponuje otočnou upínací deskou. Vyložení vozíku lze měnit za pomoci šroubového převodu poháněném ručně. Hnací stojan se odlišuje od podpěrného tím, že nosné rameno vozíku je osazeno opět brzdovým elektromotorem o výkonu 2,2 kW, který přes řetězový převod umožňuje rotaci upnuté součásti kolem její podélné osy. Taktéž je vybaven ovládací skříní s příslušnými tlačítky pro zvedání a otáčení upnutého břemene. Stojany nepostrádají ani koncové spínače, které omezují minimální a maximální zdvih.

Nosnost jednoho stojanu činí 5 t, tedy při spojení hnacího stojanu s opěrným stojanem, dokáže polohovadlo manipulovat s břemenem až o váze 10 t. Minimální výška osy otáčení polohovadla je omezena konstrukcí stojanu, a také průměrem upínací desky. Tyto specifiky zaručují minimální výšku osy otáčení 700 mm. Maximální výška osy otáčení je 2 500 mm, což znamená, že jestli upnutý předmět nebude převyšovat maximální nosnost stojanu, tak jeho největší rozměr může dovršit až 5 000 mm. U vkládaných břemen do polohovadla se musí dbát na umístění jeho těžiště, které se může od osy otáčení vzdalovat max. 200 mm. Vzdálenost mezi dvěma stojany, které jsou pevně ukotveny v zemi, se může pouze měnit velikostí vyložení upínací desky, která má minimální vyložení 672 mm a maximální vyložení 972 mm, což znamená, že vzdálenost mezi upínacími deskami se může měnit až o 600 mm. Avšak ani toto rozpětí nezaručí využití i pro polohování šestinápravových rámu podvozku hnacích vozidel. Motor zaručuje rychlost zdvihu břemene 0,25 m/min a rychlost otáčení 1,14 ot/min.



Obr.č.13.: Stojan s polohovacím zařízením - [16]

Pro rámy podvozků šestinápravových hnacích vozidel například řady 181, 182 či 183 není zapotřebí pořizovat nové polohovadlo o větší nosnosti. Společnost DPOV totiž již jedním takovým podobným polohovadlem od firmy FEREX-ŽSO s. r. o. disponuje a to v DKV České Budějovice. Polohovadlo je v DKV nevyužívané a tudíž jeho přemístění do DPOV a. s. by bylo velmi výhodné z toho důvodu, že by nebylo zapotřebí pořizovat dvě polohovadla.

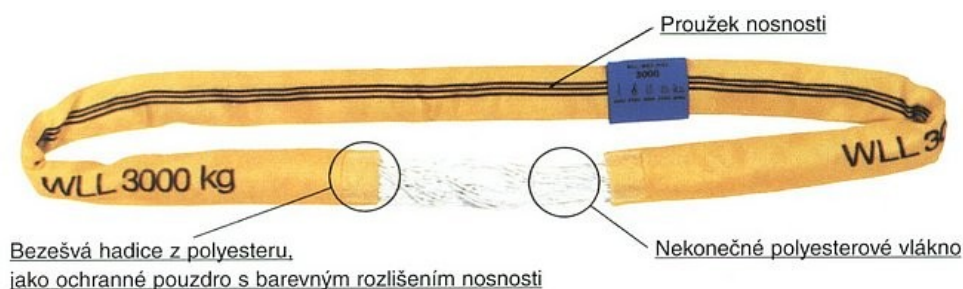
Nekonečné kruhové smyčky

Analýzou přípravných prací současné metody měření byl zjištěn dnes již nedoporučovaný postup při manipulaci s rámem podvozku, který je zavěšen ocelovými lany na jeřábu (viz. obr.č.14). Tato metoda manipulace je není příliš vhodná, protože při zvedání břemene ocelovým lanem hrozí sklouznutí po horní hraně rámu, které může vést k rozhoupání rámu, poškození některých důležitých ploch na rámu nebo vysmeknutí lan ze závěsných míst. Také hrozí přefříznutí několika drátů na ocelovém laně, které by mohlo vést ke snížení nosnosti a v neposlední řadě i k samotnému přetržení lana. Největší nebezpečí je v momentě, kdy se pohybují pod zavěšeným rámem pracovníci provádějící samotné měření, protože v případě vysmeknutí či přetržení lan, to může vést až k usmrcení daných osob. Dalšími možnými následky může být poškození samotného rámu, jako je vychýlení, poškrábání nebo potlučení jeho čepů. Také může dojít k poškození jiných dílů nebo zařízení, které jsou umístěny v blízkosti manipulace s rámem. Další nevýhodou je už i samotné měření, které je z důvodu obsluhy měřidla pro určování křížových hodnot velmi nepohodlné. Nasazení a upevnění měřidla na čep tím vyžaduje obsluhu dvou lidí. Také se zde naskýtá možnost rozhoupání zavěšeného rámu, které je v rámci měření a manipulace s rámem nežádoucí.



Obr.č.14.: Zavěšení rámu na ocelových lanech

Přemísťování rámu podvozku za pomoci jeřábu nelze z procesu měření zcela vyloučit, ale lze ho značně zbezpečnit a to výměnou ocelových lan za nekonečné kruhové smyčky, které jsou zobrazeny na obr.č.15. Nekonečné kruhové smyčky jsou textilní vázací prostředky vyrobené ze 100% polyesteru. Jejich konstrukce zaručuje velkou nosnost při zachování malé váhy samotných pásů a jejich pružnosti. Manipulace s těmito popruhy je velmi snadná a pohodlná. Smyčky se skládají z nekonečného polyesterového vlákna, který je vložen do bezešvé hadice taktéž z polyesteru. Hadice má plnit funkci ochranného pouzdra. Do pouzdra je vetkána nosnost daného pásu v podobě číselného vyjádření, a také v podobě proužků určující nosnost. Současně je na pouzdro přišito barevné rozlišení nosnosti. Tyto bezpečnostní prvky by měly dostatečně zabránit nevhodnému použití a to na břemena těžší než je pro smyčky uváděno.





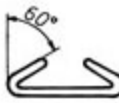



Obr.č.15.: Nekonečná kruhová smyčka - [17]

Nekonečné kruhové smyčky se vyrábí s koeficientem bezpečnosti 7 a to od nosnosti 1 000 kg až po 100 000 kg v různých délkách tj. (0,5 – 15) m, což zaručuje velmi velký výběr vhodného popruhu pro potřeby DPOV. Avšak v rámci manipulace rámu podvozku plně vyhovuje nekonečná kruhová smyčka o maximální nosnosti 8 000 kg a délce 3 m v počtu 4 ks. Zvolená smyčka je úmyslně předimenzována a to hned z několika důvodů. Jedním důvodem je její nízká pořizovací cena, která toto předimenzování snadno umožňu-

je, a také možné využití pro polohování jiných a těžších břemen jako je například dvojkolí, trakční motor atd. Důvodem předimenzování je také fakt, že způsoby uvázání břemene ovlivňují nosnost popruhu. Jednotlivé nosnosti při různých způsobech uvázání lze vidět v tab.č.1, kde druhý způsob uvázání „jednoduchý svázaný“ se bude používat, což se tím sníží nosnost jednoho popruhu na 6 400 kg. Výhodou vázacích prostředků je jejich odolnost vůči 14 % kyselině sírové, 80 °C vodě a 3 % petroleji, což zaručuje použití ve všech odvětvích v rámci DPOV aniž by došlo k narušení popruhů vlivem chemického působení. Jeden popruh má hmotnost cca 3,15 kg.

Tab.č.1.: Nosnost nekonečné kruhové smyčky při různých způsobech uvázání - [15]

Typ	Barva označení	Jednoduchý přímo	Jednoduchý svázaný				Asymetrie
							
		100%	80%	200%	140%	100%	100%
RS 8	modrá	8 000	6 400	16 00	11 200	8 000	8 000
Hodnoty jsou uváděny v kg							

Laserové měřidlo Leica AT901

Porovnáním různých použitelných metod měření, druhů měřidel, jejich výhod a nevýhod, rozsah využití a přesností připadají v úvahu laserová měřidla společnosti API nebo Leica Geosystems. Firma API nabízí laserové měřidlo typu Tracker3. Leica má v nabídce typ měřidla AT401 a AT901, avšak pro měření rámců podvozků je vhodnější typ měřícího zařízení AT901, jehož vlastnosti jsou popsány níže. AT901 celým jménem Leica Absolute Tracker AT901 je velmi přesné přenosné měřící zařízení, které měří ve 3D souřadnicovém systému za pomoci laserového paprsku. Měřící zařízení má akční rádius až 80 m v závislosti na typu, protože AT901 má další tři podkategorie a to AT901-B, AT901-MR nebo AT901-LR. Liší se od sebe možnostmi měření a především jeho použitím v praxi, což v tomto případě je nejvhodnější AT901-MR.

Získávání souřadnic měřených bodů je možné třemi způsoby. Nejjednodušší způsob získávání souřadnic je použitím zrcadlové kuličky o různých velikostech. Druhým, pro tento případ, preferovaným způsobem je pomocí bezdrátové dotekové sondy Leica T-Probe, která je velmi výhodná pro získávání souřadnic nedostupných míst. Třetím způsobem zís-

kávání hodnot je použití skeneru Leica T-Scan. Všechny tři způsoby získávání hodnot jsou zobrazeny na obr.č.16.



Obr.č.16.: Zrcadlová kulička, T-Probe, T-Scan - [13]

AT901-Mid Rang uložený na rotačním stativu má maximální měřicí rozsah 50 m a je plně kompatibilní s řadou T-produktů. Při použití T-produktů resp. T-Probe se sice sníží maximální rozsah měření, ale i přesto zůstává dostatečně velký. Laserový Tracker disponuje ně-kolika výhodnými funkcemi a to absolutním interferometrem (AIFM), který ve spolupráci s PowerLockem zajišťuje stálé spojení laserového paprsku vysílaného z Trackeru se zrcadlovou kuličkou, T-Probem či T-Scanem. PowerLock je zařízení, které pohybuje laserovým paprskem za pohybujícím se cílem. V případech, kdy dojde k přerušení spojení paprsku, by musela obsluha vždy provést opětovné napojení, což by vedlo ke ztrátám přesnosti měření. AIFM tento problém s přesnostmi vylučuje, protože dojde k automatickému obnovení paprsku a rychlému restartu absolutních vzdáleností. Konstrukce zařízení umožňuje nepřetržitý provoz i v těch nejtěžších průmyslových prostředích. Hmotnost měřidla je 22 kg a jeho délka je 620 mm. Měřidlo je schopné měřit jak ve svislé poloze, tak i ve vodorovné. Součástí laserového zařízení je také kamera T-Cam.

Měřidlo zaručuje bezdrátovou komunikaci se softwarem, který je nainstalovaný v PC, za pomoci WI-FI připojení. Taktéž i díky integrované baterii s vysokou kapacitou odpadá připojení do sítě. Ovšem zda je to nutné, tak napájení Trackeru a přenos dat do PC je zajištěn pomocí kabelu sítě LAN. Přístroj má rozsah otáčení ve vodorovné poloze plných 360° a ve svislé poloze 290°. Měřidlo je schopné měřit pohyblivý cíl, to znamená, že například při obkroužení otvoru odrazovým zrcátkem je možné určit hodnotu průměru otvoru a současně ho graficky vyjádřit v příslušném programu. Další výhodou měřidla je absence potřeby reference přístroje před každým měřením.

Nepřesnost měření souřadnic U_{XYZ} , za použití zrcadlové kuličky, jinak definované jako odchylka mezi měřenými souřadnicemi a výchozími souřadnicemi bodu, společně s nejistotou měření v závislosti na vzdálenosti přístroje od měřeného bodu je $\pm 15 \mu\text{m} + 6 \mu\text{m/m}$. Tracker rozlišuje úhlový rozměr o velikosti již 0,07 úhlových vteřin s přesností $\pm 15 \mu\text{m} + 6 \mu\text{m/m}$. Jeho opakovatelnost změření je $\pm 7,5 \mu\text{m} + 3 \mu\text{m/m}$. Při měření vzdáleností zařízení rozlišuje již 0,1 μm s přesností $\pm 10 \mu\text{m}$ a opakovatelností $\pm 5 \mu\text{m}$. Nepřesnosti jsou sice uvedeny s maximální dovolenou chybou (MPE), avšak běžně se dosahuje poloviční chyby MPE.

Leica T-Probe

Bezdrátová doteková sonda (viz. obr.č.16) spolupracující se zařízením AT901-MR je produktem společnosti Leica, který sice snižuje měřicí rozsah na 9 m každým směrem, ale i přesto je velmi výhodný pro změření jinak nepřístupných či skrytých míst před laserovým paprskem měřidla. Princip spočívá v tom, že k produktu se připojí doteková měřicí sonda o námi potřebné délce a průměru doteku. Průměr doteku sondy může být 3 mm nebo 6 mm. Dotek určí měřený bod a délka sondy, která je dlouhá 100 mm, 200 mm a více, umožní takovou dostačující vzdálenost, která je zapotřebí, aby T-Probe s integrovaným senzorem byl zaměřen paprskem a následně Trackeru odeslal souřadnice měřeného bodu. Výměna dotkových hrotů je velmi snadná a rychlá, protože zařízení automaticky rozpozná, o který koncový dotek se jedná. Tím se snižuje počet chyb obsluhy. Senzor produktu T-Probe je nejen necitlivý na okolní osvětlení, ale také zaručuje příjem paprsku při sklonu a vybočení v rozsahu $\pm 45^\circ$. Pohyb se zařízením není omezen žádným připojovacím kabelem, protože je napájen integrovanou baterií. Odeslání respektive příjem naměřených hodnot je potvrzeno pomocí akustické či vizuální zpětné vazby.

Nejistota měření U_{XYZ} se mění v závislosti na vzdálenosti od Trackeru. Při vzdálenosti do 7 m je nejistota měření $\pm 100 \mu\text{m}$. Při vyšších vzdálenostech se již nejistota měření vyjadřuje jako $\pm 30 \mu\text{m} + 10 \mu\text{m}$. Při měření prostorové vzdálenosti do 8,5 m je nejistota měření $\pm 60 \mu\text{m}$. Při vyšších vzdálenostech je vyjádřena jako $\pm 7 \mu\text{m/m}$. Nejistota měření kulového dosahu je $\pm 20 \mu\text{m} + 2 \mu\text{m/m}$. Nepřesnosti jsou sice uvedeny s maximální dovolenou chybou (MPE), avšak běžně se dosahuje poloviční chyby MPE.

Příslušenství

Laserový Tracker Leica AT901-MR pro lepší využití a snadnější práci potřebuje širokou škálu příslušenství. Jedním takovým důležitým příslušenstvím je zařízení ATMeteo-Station, což je zařízení, které poskytuje veškeré informace týkající se prostředí, ve kterém se stanice nachází. Informace o prostředí je teplota, tlak či vlhkost vzduchu a měřeného objektu. Všechny tyto parametry ovlivňují rychlost a vlnovou délku laserového paprsku. MeteoStanice má za úkol na základě těchto informací stanovit správný index lomu vzduchu a potažmo s tím zajistit správné hodnoty naměřených vzdáleností. MeteoStanice je vybavena světelnou diodou, která plní úlohu potvrzení o správné činnosti.

Pro správné ustavení a zjištění sklonu měřidla je zapotřebí přesné digitální vodováhy Nivel230, také jinak nazývané pouze jako Nivel. Je to velmi přesný biaxiální sklonový senzor pro zajištění stability měřidla ustaveného na stativu.

Ačkoli s ručním dotekovým snímačem T-Probe se automaticky dodávají dotek s kuličkou o průměru 6 mm, tak je velmi doporučeno pořídit soupravu hrotů pro T-Probe. Sada hrotů obsahuje dva kuličkové doteky o průměru 3 mm a 6 mm a Scribo stylus o poloměru 0,1 mm. Také obsahuje různé délky prodloužení a to 100 mm, 200 mm a 40 mm.

Pro ovládání softwaru PolyWorks je možné používat notebook, který je běžně dodáván jako součást objednávky, avšak tento způsob ovládání je poměrně nepohodlný. Důvodem je časté chození od měřené součásti k PC, což má za následek i delší dobu měření. Tento problém lze snadno vyřešit dálkovým dotekovým ovládáním od společnosti Apple® a to mobilním zařízením iPod touch, iPhone nebo iPad (obr.č.17). Mobilní zařízení je vybaveno bezplatným softwarem PolyWorks/Talisman, který je popsán v kapitole 4.



Obr.č.17.: Mobilní zařízení iPod touch a jeho možné využití - [13]

3.2. Návrh metodiky měření

Manipulace s rámem

Očištěný a kompletně demontovaný rám podvozku se uváže pomocí nekonečných kruhových smyček, které budou uvázány jednoduchým svázáním (viz. tab.č.1) kolem podélníků rámu. Každá smyčka bude umístěna do prostoru mezi vodící čepy. Zaměstnanec provádějící uvazování musí předcházet možnému mechanickému poškození smyček. To znamená, že se musí vyvarovat uvázání popruhů na ostré hrany rámu, které by je při zvedání břemene mohly poškodit. Z důvodů snížení rizik vážných úrazů nebo velkých škod spojené s možným pádem rámu podvozku se bude břemeno zvedat do maximální výšky 1 200 mm. Výška zvednutí je brána jako vzdálenost od země k ose otáčení rámu. Výhodou tohoto zvednutí je také snadnější manipulace s rámem při vkládání do polohovadla. Dále se při uvazování smyček musí dbát na co nejlepší rozložení sil, tudíž hák jeřábu musí být na středu rámu tak, aby zajistil při zvednutí rovinu rámu. Uvázané smyčky se následně zavěsí na hák jeřábu.

Upínání rámu podvozku do polohovadla

Před samotným uvedením polohovadla do provozu se provede kontrola jednotlivých pohonů a odzkoušení všech funkcí polohovadla. Následně obsluha polohovadla musí nastavit maximální vzdálenost čel upínacích desek, což při instalaci polohovadla bude činit 5 000 mm. To znamená, že minimální vzdálenost upínacích desek bude 4 400 mm. Osa otáčení upínacích desek bude výškově nastavena na 1 200 mm. Tím se sníží doba potřebná pro výškovou manipulaci upnutého břemene. Po této přípravě polohovadla se musí opatrně vložit rám pomocí jeřábu a to tak, že čela rámu budou otočeny k upínacím deskám. Vložený rám se na deskách pevně zajistí.

Následujícím krokem je vyvěšení NKS z háku jeřábu a jejich odstranění z podélníků rámu. Po těchto úkonech ustoupí všichni zúčastnění mimo pracovní prostor polohovadla. Jelikož polohovadlo nemůže břemeno zvedat a současně ho otáčet, tak při manipulaci s břemenem se bude postupovat tak, že ustavený a upevněný rám se otočí o 180° podél osy otáčení. Po otočení dojde ke spuštění rámu o 500 mm, tím se osa otáčení dostane na hodnotu 700 mm, což stačí pro pohodlné měření pomocí laserového Trackeru.

V případě manipulace s šestinápravovým rámem je postup stejný s tím rozdílem, že dojde k upnutí břemene do druhého polohovadla, kterým DPOV disponuje v DKV České

Budějovice. Toto polohovadlo bude nastaveno pro hodnoty šestinápravového rámu podvozku.

Měření rozměrů rámu podvozků s vedením ložiskových skříní vodícími čepy

Laserový Tracker AT901-MR se ustaví na polovinu délky rámu a to ve vzdálenosti od podélníku cca 1,5 m. Účelem tohoto postavení je zajištění dobrého zorného pole laseru na veškerá měřená místa a částečné symetrické rozložení nejistot měření podle příčné osy rámu. Také je zde snaha o zachování jistého pracovního prostoru kolem měřeného rámu tak, aby nedošlo například k nechtěnému shození zařízení.

Tracker se pomocí přístroje Nivel230 ustaví do roviny a současně se zařízení zapne, aby došlo k jeho zahřátí. Měřidlo totiž není schopné okamžitě měřit, protože potřebuje jistý zahřívací čas, což pro studený start je maximálně 8 min a pro teplý start 5 min.

Měření se může sice provádět za pomoci reflektoru, avšak pro tyto účely je preferován přístroj T-Probe s vyměnitelnými dotykovými sondami. T-Probe dosahuje sice méně přesných hodnot a menších měřících vzdáleností, ale dokáže měřit body, které jsou schované před laserovým paprskem, a také jeho přesnost je plně dostačující k těmto účelům. T-Probe se zapne, připojí se sonda o délce 100 mm a vyčká se, než T-Probe automaticky rozpozná připojený hrot. Poté je zařízení plně připraveno měřit v předem stanoveném sledu.

Po předchozích úkonech následuje samotné měření rozměrů rámu. Sled událostí v případě měření dvounápravových rámu s vedením ložiskových skříní vodícími čepy hnacích vozidel například řady 150, 162, 163, 362, 363 bude následující. Obsluha měřícího zařízení změří průměr vodícího čepu 1. Průměr bude stanoven za pomoci určení šesti bodů, které budou mít od sebe odestup přibližně 60°. Tím se zajistí velmi reprezentativní a objektivní výsledek s malou chybou měření.

Průměr se změří přiložením doteku sondy připojené k T-Probe na střed délky vodícího čepu. Po přiložení sondy zaměstnanec potvrdí měřený bod zmáčknutím již předvoleného tlačítka, vyčká na akustický nebo vizuální potvrzení příjmu dat z T-Probe a poté sondu přiloží na jiné místo téhož čepu. Dotek sondy musí být opět přiložený na středě délky čepu, pracovník potvrdí bod tlačítkem a vyčká na potvrzení příjmu dat přístrojem AT901-MR. Tento postup určování bodů na jednom vodícím čepu se opakuje celkem 6x.

Dalším změřeným rozměr je průměr vodícího čepu 2. Postup a princip určování průměru vodícího čepu 2 až 8 je naprosto stejný jako je uváděn u vodícího čepu 1. Čísla vodících čepů lze vidět v příloze A, tudíž směr měření bude ve směru hodinových ručiček.

Průměr otočného čepu, který je měřen jako poslední rozměr na rámu, se také určí pomocí šesti změřených bodů s úhlovým odestupem 60° . Dotek sondy T-Probe se musí přikládat na spodní třetinu vodícího čepu.

Dalšími zjišťovanými rozměry u měření hodnot rámu podvozku jsou průměry pouzder otočných čepů respektive zjišťování poloviny rozdílu mezi průměrem čepu a jeho pouzdem. To se bude měřit obdobným způsobem jako průměry jednotlivých čepů. Zaměstnanci, kteří měření vykonávají, si nachystají všechny pouzdra do blízkosti laserového Trackeru tak, aby jejich měření bylo snadné, rychlé a pohodlné bez nutnosti další manipulace. Osy děr daných pouzder budou kolmo k podlaze. Obsluha poté přiloží dotek sondy do vnitřního otvoru a určí průměr šesti naměřenými body po 60° . Polovinu rozdílu mezi průměrem čepu a pouzdra již dopočítá software. Postup měření průměru pouzdra otočného čepu je naprosto stejný jako je tomu u pouzder vodících čepů.

Ostatní hodnoty, které se dále určují na rámu podvozku jako jsou křížové rozměry C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , D_1 , D_2 nebo ovalita jednotlivých čepů budou dopočítány přímo v softwaru a to již v přednastaveném dokumentu. Tento dokument a software je dále popsán v následující kapitole 4.

Způsob kontroly rozměrů šestinápravových rámu je i přes malé odlišnosti naprosto stejný jako u dvounápravových rámu podvozků. Postup měření rámu podvozků s vedením ložiskových skříní vodícími čepy je vypracován a uveden na konci této kapitoly.

Měření rozměrů rámu podvozků s vedením ložiskových skříní pomocí ojnic

Měření rámu s ojnicovým vedením je složitější než u rámu s vodícími čepy, avšak skládá se několika jednoduchými kroky. Pro stanovení křížových (D_1 , D_2), podélných (B_1 , B_2 , B_3 , B_4 , F_1 , F_2) a příčných (A_1 , A_2) hodnot se musí určit osy otvorů ojnic a jejich poloviny délek.

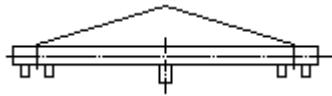
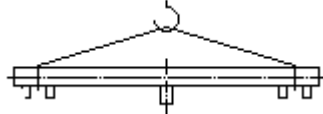
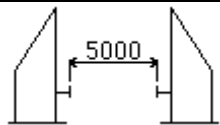
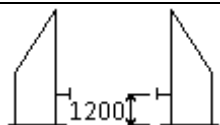
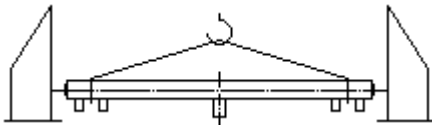
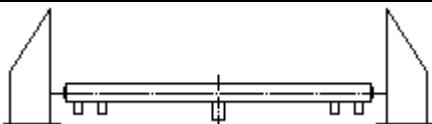
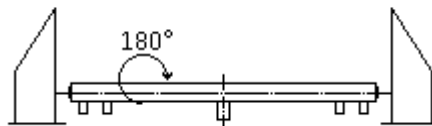
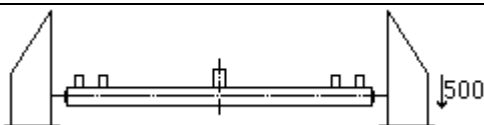
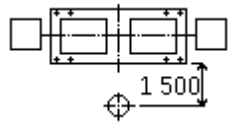
Osy otvorů se zajistí změřením vnitřního průměru, který bude určen šesti změřenými body s rozestupem od sebe po 60° . Určení poloviny délky otvoru ojnice bude zajištěno

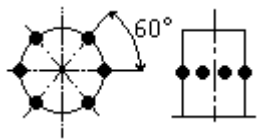
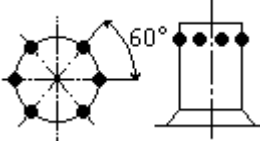
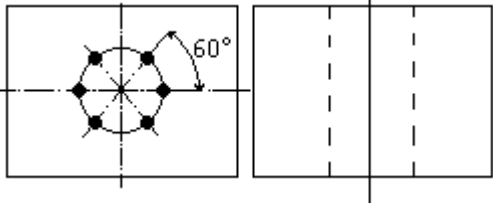
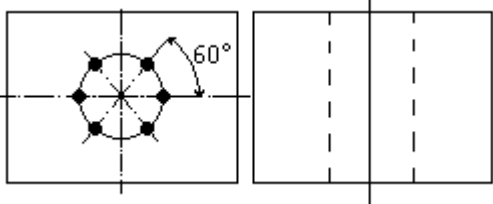

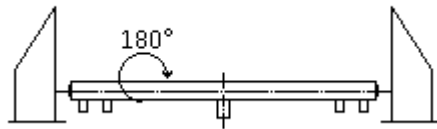
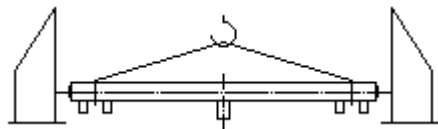
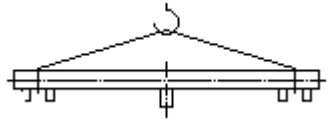
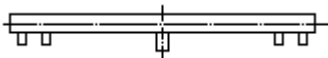
změřením obou čel daného otvoru. Každé čelo bude určeno čtyřmi body po 90° , které vytvoří rovinu a mezi těmito rovinami se v softwaru objeví rovnoběžná osa. Takto změřené hodnoty respektive určené osy již stačí k tomu, aby bylo za pomoci programu PolyWorks dopočítány potřebné rozměry.

Zaměstnanec, který měření provádí přiloží dotek sondy T-Probu do otvoru první ojnice a potvrdí tento bod stisknutím tlačítka. Vyčká na akustické nebo vizuální signalizaci přijetí daných hodnot a poté tento postup určování bodů opakuje ještě pětkrát po 60° . Tím se určí průměr otvoru ojnice tudíž i osy tohoto otvoru. Následně T-Probe přiloží na vnitřní čelo otvoru a určí celkem čtyři body po 90° . Totéž opakuje i u vnějšího čela otvoru. Celý tento postup měření je pro zbytek ojnic zcela stejný jako u měření první ojnice.

Ukončení měření

Po ukončení měření rámu se laserové měřidlo vypneme a uschová. Rám na polohovadle se opět zvedne ze 700 mm na prvotní výšku tj. 1 200 mm a otočí o 180° . Následně se uváže NKS, zavěsí na hák jeřábu a v poslední řadě se odjistí z polohovadla. Personál musí dbát zvýšené pozornosti na možné zhoupnutí zavěšeného rámu, proto je vhodné před samotným odjištěním rámu z polohovadla mírně napnout jeřábem kruhové smyčky. Takto zavěšený a odjištěný rám se opět přesune pomocí jeřábu mimo pracovní prostor polohovadla na místo k tomu určené. Pouzdra čepů se také z pracoviště přesunou na místa k tomu určeným. Nekonečné kruhové smyčky musí obsluha řádně zkontrolovat zda nedošlo k narušení jejich celistvosti a poté řádně uschovat.

OPERACE	ÚSEK	POPIS	NÁKRES
Manipulace s rámem	1	Uvázat NKS za podélníky rámu do prostoru mezi vodícími čepy jednoduchým svázáním.	
	2	Zkontrolovat NKS zda nejsou uvázány na ostrých hranách.	-
	3	Zavěsit rám podvozku na hák jeřábu.	
	4	Plynule zvednout rám do výšky max 1 200 mm.	-
	5	Přesunout rám k místu polohovadla.	-
Upínání rámu podvozku do polohovadla	1	Natavit vzdálenost upínacích desek na hodnotu 5 000 mm.	
	2	Natavit osu otáčení upínacích desek na 1 200 mm.	
	3	Vložit rám do polohovadla.	
	4	Uchytit rám do polohovadla.	-
	5	Vyvěsit NKS z háku jeřábu a odstranit uvázání.	
	6	Otočit rám o 180°.	
	7	Spustit rám o 500 mm.	
Měření rozměrů rámu podvozků	1	Ustavit do roviny Tracker a umístit cca na polovinu délky rámu ve vzdálenosti 1 500 mm od rámu.	
	2	Zapnout Tracker	-
	3	Připojit sondu k T-Probe o délce dotyku 100 mm.	-

Měření rozměrů rámu podvozku	4	Určit průměr vodícího čepu č.1 pomocí 6-ti bodů po 60° na polovině délky vodícího čepu.	
	5	Opakovat bod 4 pro zbytek vodících čepů (2 – 8).	
	6	Určit průměr otočného čepu pomocí 6-ti bodů po 60° ve spodní části 1/3 délky čepu.	
	7	Změřit vnitřní průměr prvního pouzdra vodícího čepu body 6x60°.	
	8	Opakovat bod 7 pro všechny pouzdra vodících čepů (2-8).	
	9	Změřit průměr pouzdra otočného čepu podle bodu 7.	
Uvolňování rámu podvozku z polohovadla	1	Zvednout rám o hodnotu 500 mm.	
	2	Otočit rám o 180°	
	3	Uvázat rám pomocí NKS a zavěsit za hák jeřábu	
	4	Zkontrolovat zda uvázání NKS není na ostrých hranách	-
	5	Povolit rám z polohovadla	-
Manipulace s rámem	1	Přesunout rám na místo k tomu určené	
	2	Vyvěsit NKS z háku jeřábu a odstranit uvázání	

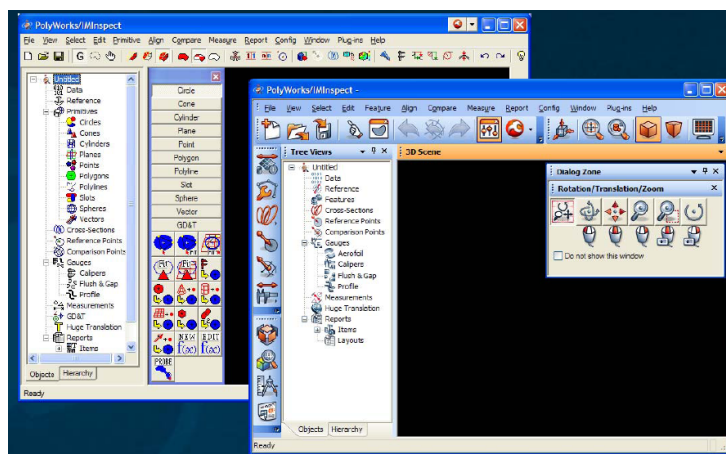
4. Návrh elektronického systému pro sběr a prezentaci získaných údajů v průběhu oprav a zkoušení podvozků

Pro zpracování dat naměřených pomocí laserového Trackeru AT901-MR od společnosti Leica se využije k tomuto účelu dodávaný software PolyWorks/Inspector Probing. Další software, který je využíván pro usnadnění měření a dodáván k mobilnímu dotekovému zařízení Apple®, bude bezplatný program PolyWorks/Talisman. Komunikace mezi laserovým zařízením a programem respektive PC je zprostředkována pomocí LAN připojením, které mimo jiné zastává i funkci napájení měřidla elektrickou energií, nebo WI-FI připojením. Přenos WI-FI připojení může pracovat v zajištěné síti, což zajistí vysoký bezpečnostní prvek proti odcizení cenných vnitropodnikových informací. Součástí dodávky softwaru je od společnosti InnovMetric návod k obsluze sítě, která umí zakázat vestavěné fotoaparáty, užívání obrazovky či přístup k internetu

4.1. Technické parametry softwaru PolyWorks/Inspector Probing a softwaru PolyWorks/Talisman

PolyWorks/Inspector Probing

Software PolyWorks/Inspector Probing je obecně program pro zpracovávání naměřených bodů a pro inspekční měření za pomoci reflektoru, T-Probe nebo T-Scan. Tento univerzální software je vhodný pro kontrolu předmětů, které lze porovnávat s CAD modelem nebo výkresem. Umožňuje spolupráci se širokou škálou programů, které se běžně v průmyslu používají. Jako příklad lze uvést programy CAD, CatiaV5, CatiaV4, ProE, Inventor a v neposlední řadě SolidWorks. Program dokáže určit geometrické vlastnosti jako je rozměr, poloha součásti v prostoru, vnitřní či vnější průměry, úhly zkosení, natočení součásti a různě. Na základě zjištěných rozměrů dokáže program analyzovat tvar jednotlivých prvků součásti jako je rovinnost, válcovitost, kuželovitost. Také analyzuje souosost a kruhovitost děr, rovnoběžnost či kolmost například plochy k ose součásti. Integrované statické řízení (SPC – Statistical Process Control) dokáže analýzou vyhodnotit všechny statické parametry. Ukázku softwaru Polyworks/Inspector Probing je možné vidět na obr.č.18.



Obr.č.18.: Ukázka softwaru PolyWorks/Inspector Probing (verze V10) - [18]

Měřicí program lze zpracovat dvěma možnými způsoby. Jedním možným způsobem je vytváření programu zaškoleným pracovníkem přímo během prováděného měření. Tento postup měření se pak uloží s tím, že při následujícím stejném měření se tento program vyvolá a pak již dochází pouze k měření přímo daných rozměrů dle postupu. Druhým možným způsobem a to ekonomičtějším, flexibilnějším, časově výhodnějším a pohodlnějším je konfigurování programu v tak zvaném offline režimu, což znamená, že měřicí program se vytvoří v kancelářském prostředí a pak teprve se předá obsluze, která měření provádí. Ke každému nakonfigurovanému programu je vhodné mít detailně zpracovanou zprávu o krocích měření, která bude popisovat za pomoci textu a grafického vyjádření postup měření.

Tvorba protokolů v tomto programu je velmi snadná a lze si vybrat z velké škály funkcí. Program nabízí možnost nastavení absolutně libovolného vzhledu protokolu, tak jako vkládání loga společnosti, výrobních výkresů nebo například i tabulek. Protokol může být i automaticky osazen datem a časem prováděného měření, číslováním stránek apod. Taktéž je možný převod, již zpracovaného a vyplněného protokolu, do formátu PDF či HTML. Další možnou funkcí, jak je výše zmiňováno, je vytváření šablon protokolu, který pak už jen stačí v PC vyvolat pro případné měření. Pracovník, co daný protokol programuje, může nastavit veškeré přípustné tolerance, které se na součásti mohou vyskytovat, aniž by byla měřená součást vyhodnocena jako zmetková. Jestliže by došlo k překročení těchto tolerovaných hodnot, tak software může danou hodnotu podbarvit výraznou barvou, a to například červenou. Sám dopočítává námi zadané rozměry, které potřebujeme pro úplné vyhodnocení měření, na základě předchozích naměřených rozměrů. Jestli že by bylo zapotřebí, i když je to velmi nepravděpodobné, změnit přesnost měření tj. například na jedno desetinné místo, tak je to možné a to pomocí softwaru nadefinováním vlastního tolerančního pásma. Ukázka možného výstupu protokolu z měření viz. příloha C.

PolyWorks/Inspector Probing umožňuje vytvářet geometrické prvky hned několika způsoby. Vytvoření lze pomocí snímání měřicím zařízením, převedením na skenovaná data, numericky, manuálně nebo pomocí programu CAD. Software je i při zakoupení dlouhou dobu aktuální, protože každý měsíc dochází od společnosti InnovMetric k vydávání nových patchů. Jestliže by kupující pocítil potřebu si pořídit novou verzi softwaru, tak je mu to umožněno každé dva roky.

PolyWorks/Talisman

PolyWorks/Talisman je bezplatně dodávaný software k pořízenému mobilnímu zařízení Apple®. Principem tohoto softwaru je usnadnění práce při prováděném měření v tom smyslu, že zaměstnanec provádějící měření nemusí opakovaně odcházet od měřené součásti k PC jen proto, aby obsloužil i daný software PolyWorks/Inspector Probing. Jinak řečeno mobilní zařízení s tímto nainstalovaným programem funguje jako 3D prohlížeč, a také jako jistý druh dálkového ovládání pro komunikaci s počítačem respektive s programem PolyWorks/Inspector Probing. Komunikace mezi těmito zařízeními je zajištěna prostřednictvím WI-FI připojení, které je plně zabezpečeno a také zabraňuje připojení k internetu nebo jinému počítači. V tomto programu není možné uložit žádné informace, lze pouze provádět živá spojení s PC. Ukázku možných zobrazení programu PolyWorks/Talisman v mobilním zařízení Apple® je možné vidět na obr.č.19.



Obr.č.19.: Ukázku možných zobrazení programu PolyWorks/Talisman v mobilním zařízení Apple® - [13]

4.2. Návrh sběru dat

V rámci diplomové práce se bohužel nepodařilo ani na zkoušku nahlédnout do pracovního prostředí měřicího programu PolyWorks/Inspector Probing. Avšak na základě poskytnutých informací od samotných prodejců společnosti NMS a.s. (Noncontact Measuring Systems), získaných informací z literatury vytvořené k tomuto programu, a také krátké nahlédnutí do pracovního prostředí podobného programu při návštěvě společnosti CZ Loko lze snadno nastínit možný návrh sběru dat v příslušném softwaru.

Sběr dat u měření rámců podvozků s vedením ložiskových skříní vodícími čepy

U dvounápravových a třínápravových rámců podvozků je návrh sběru dat prakticky stejný. Do softwaru programátor nastaví veškeré výkresové hodnoty průměrů vodících čepů d_i , průměru otočného čepu D_{KR} , průměr pouzdra otočného čepu $D_{KR-pouz}$, rozměry křížových hodnot C_i a D_i , rozměry podélné míry B_i a F_i a rozměr příčné míry A_i . Ke každé zadané výkresové hodnotě se dále nastaví dovolené odchylky, při kterých rám stále vyhovuje. Hodnoty jednotlivých rozměrů a dovolených odchylek jsou staveny na základě dané řady hnacího vozidla, nejčastěji měřené řady hnacích vozidel jsou 162, 163, 362, 363. V softwaru bude pro určení průměrů vodících čepů, průměru otočného čepu a průměrů pouzder nastavena podmínka určit souřadnice minimálně 6-ti na sobě nezávislých bodů. Pro případ vodících čepů a otočného čepu bude nastaveno, že z těchto bodů bude určena i ovalita daného čepu. Dále se do měřicího programu zavede vzorec, který vyhodnotí polovinu rozdílu mezi průměrem vodícího čepu a pouzdem (t). Program bude pouze požadovat změření všech průměrů čepů. Na základě zjištění těchto rozměrů a správného nastavení vazeb mezi těmito hodnotami se již pouze automaticky dopočítají veškeré požadované hodnoty C_i , D_i , B_i , F_i , A_i a jejich možný rozdíl mezi sebou stejné skupiny hodnot. Jestliže by došlo k překročení nastavených tolerancí, tak program příslušnou hodnotu podbarví červenou barvou. Průměry čepů se budou měřit vzestupně.

Sběr dat u měření rámců podvozků s vedením ložiskových skříní pomocí ojnic

U měření rámců podvozků s vedením ložiskových skříní pomocí ojnic je zapotřebí, ačkoli to vyhláška V99 nevyžaduje, změřit průměr a délku otvoru v ojnicích a to z důvodu, aby se určili osy těchto otvorů. Proto se v programu nastaví měření pro vnitřní průměry, které budou muset být zjištěny šesti na sobě nezávislými body. Také se v programu nastaví měření, které zjistí délku otvoru a na základě tohoto zjištění vytvoří třetí důležitou osu pro již automatické dopočítání křížových hodnot, podélných rozměrů a příčných roz-

měrů. Zjištění délky otvoru bude nastaveno tak, že se určí roviny obou čel otvoru a to definováním čtyř bodů na každém čele. Opět zde platí jako v předchozím případě, že se v měřicím programu musí zanést vzájemné vazby, vzorce pro dopočet a podmínky, kdy rám vyhovuje. Podmínkami jsou myšleny tolerance. Vnitřní průměry ojnicek jsou určovány vzestupně.

4.3. Prezentace získaných údajů

Prezentace získaných a zpracovaných údajů je možná dvěma způsoby. Jedním možným a v dnešní době velmi preferovaným způsobem, je elektronická distribuce a to ve formátu PDF. Jak je již výše zmiňováno, měřicí program umožňuje snadný export naměřených dat do tohoto formátu. Druhým možným způsobem prezentace naměřených dat je pomocí vytisknutého záznamu o měření. Elektronický formát záznamu o měření je výhodný z důvodu snadného vyhledávání historie oprav hnacího vozidla bez potřeby zvláštních prostor k uskladnění této dokumentace. Papírové vyhotovení záznamu o měření je opět výhodné jako součást vyúčtování za provedenou práci. Bez ohledu na způsobu prezentace dat, ať už je elektronická nebo papírová forma prezentace, tak styl měřicího listu bude naprosto stejný.

Rozbor současného výstupu měření

Stávající protokol (příloha B) o měření sice disponuje pěkným podrobným výrobním výkresem, ale pro rozsah měření a zjišťování důležitých hodnot stanovené vyhláškou V99, je zbytečně osazen příliš velkým počtem kót, které zabraňují pro nezasvěcené osoby snadnou orientaci ve výkrese. Mimo jiné čáry kót jsou v některých situacích méně čitelné. Z tohoto důvodu je lepší převzít schematické výkresy z vyhlášky V99, které jsou osazeny pouze potřebnými a měřenými kótami a jsou velmi přehledné.

Měřicí list DPOV v porovnání s jinými měřicími listy (příloha D, E) ostatních společností uvádí pouze křížové míry a průměry vodících čepů s průměrem otočného čepu, což prezentuje malé procento hodnot, které se musí na základě vyhlášky V99 měřit. Toto malé množství informací bylo také zapříčiněno větší obtížností samotného měření a absencí potřebných měřidel. Použitím navrhovaného měřicího zařízení a softwaru tato obtížnost odpadá a tím se otvírají nové možnosti prezentace i podélných či příčných rozměrů rámu s porovnáním výrobních rozměrů a jejich tolerancí. Další element, který činí výsledky čas-

tečně nepřehledné, je velká vypracovaná tabulka, která spojuje více rozměrů v jeden celek. Proto je lepší tuto tabulku rozdělit na několik částí podle charakteru jednotlivých rozměrů.

Návrh nového výstupu měření

Nový výstup měření rámu podvozku, který bude možný prezentovat jak v elektronické tak i v papírové formě je určen pro měření pouze jednoho rámu nikoli dvou rámu současně. Obsahem hlavičky výstupního protokolu je nejen název firmy a její logo, ale i kolonka pro vyplnění data měření, čísla lokomotivy, čísla rámu podvozku a kolony pro výrobní čísla náprav. Touto úpravou a redukcí protokolu na jeden rám podvozku je sledován lepší přehled oprav jednotlivých rámu na hnacím vozidle, protože v předchozím výstupu nelze zpětně zjistit, o který měřený rám se jedná. Taktéž lze lépe s odstupem času při opětovné opravě zjistit jak se nové naměřené hodnoty liší od hodnot dříve naměřených. Další úmyslnou změnou v obsahu hlavičky protokolu oproti původnímu výstupu, je použití výkresu s menším počtem kót. Tento výkres lépe znázorňuje hodnoty, které jsou v průběhu měření zjišťovány a neobsahuje zbytečný počet kót, který by obrázek dělal nepřehledným.

Oblast datové části byla zásadně změněna. Prvotní velká tabulka naměřených hodnot v původním protokolu byla rozčleněna na několik částí. Myšlenkou tohoto rozdělení je snaha o vytvoření přehledných jednotlivých částí, které obsahují naměřené hodnoty se vzájemnou vazbou a nebo podobnou charakteristikou. Například první část protokolu, která se nazývá jako „Měření vodících čepů a pouzder vodících čepů“ je tvořena pouze z hodnot, které mají na sebe velkou vazbu. Protože aby se určila polovina rozdílu mezi průměrem čepu a pouzdra, tak je zapotřebí znát jak průměr vodícího čepu, tak i průměr jeho pouzdra.

Výstupní protokol byl dále doplněn o dříve chybějící hodnoty a to příčných rozměrů A a podélných rozměrů B, F. Doplněním těchto rozměrů bude samotné měření více celistvé a tím se stane i více reprezentativní než doposud. Zákazník, pro kterého je měření prováděné se více dozví o skutečném stavu rámu podvozku hnacího vozidla. Protokol je ukončen kolonkami pro podpis zodpovědných osob, které měření prováděli a toto měření kontrolovali. Jako doplňující informaci v protokolu, nazývané také jako „poznámka pod čarou“, je označení a popis jednotlivých prvků v protokolu za účel jednoduché orientace v tomto měřicím listu.

Styl zpracování měřicího listu rámu podvozku lokomotivy s vedením ložiskové skříně vodícími čepy je znázorněn na konci této kapitoly. Pro měření rámu podvozků s vedením

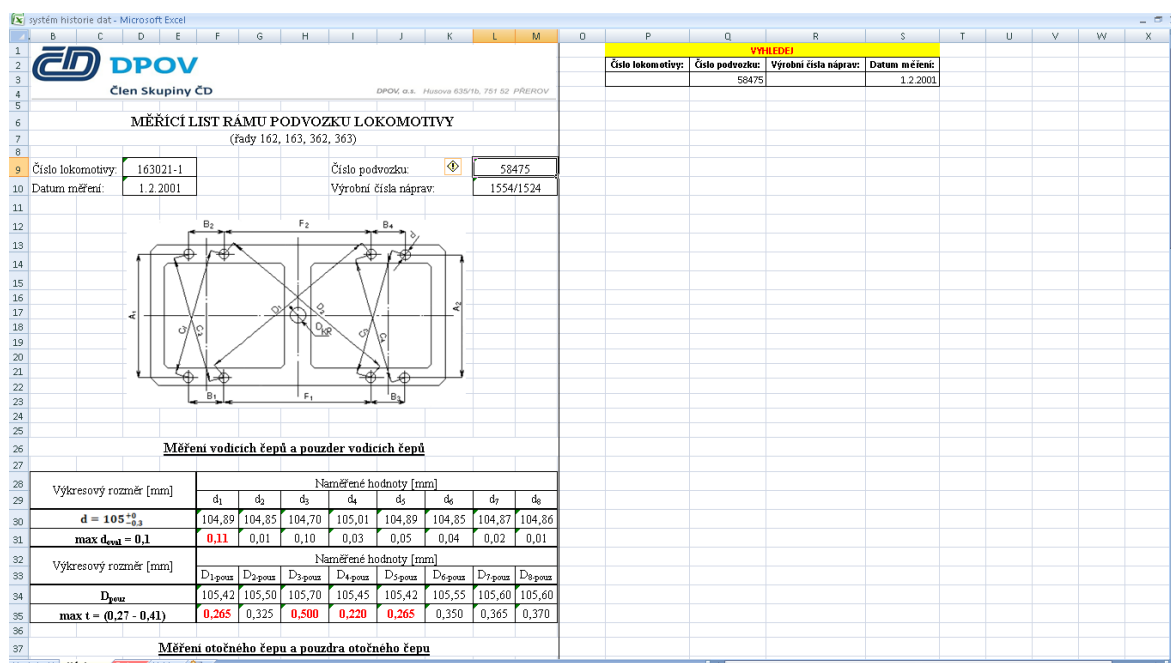
ložiskových skříní pomocí ojnic je znázorněn v příloze F. Zadávání hodnot do protokolu bude na dvě desetinná místa.

4.4. Databáze naměřených dat

Pro sběr, prezentaci, zálohování a zpětné vyvolávání naměřených hodnot se v rámci diplomové práce vytvořil jednoduchý program za pomoci běžně dostupného počítačového softwaru Microsoft Office Excel. Program je založen na myšlence snadného vyhledávání již dříve naměřených hodnot jednotlivých ráků bez nutnosti zálohovat několik měřících listů současně, a to na základě zadání maximálně čtyř vstupních údajů. Program vytvořený v Excelu se skládá ze dvou listů, kde první z nich je pojmenován jako „Výstup“ a druhý jako „Data“.

První list „Výstup“

První list nazvaný jako „Výstup“ obsahuje výstupní protokol o měření. Tento list je dále opatřen vyhledávací tabulkou, která při zadání potřebných informací vyhledá příslušné měření v listě „Data“ a jeho hodnoty dosadí do výstupního protokolu. Takto dosazený protokol může být okamžitě vytisknut nebo převeden například do PDF formátu a následně poskytnut zákazníkovi, pro kterého je měření prováděné. Potřebné informace se skládají maximálně ze čtyř údajů a to čísla lokomotivy, čísla podvozku, výrobních čísel náprav a data měření s tím, že výrobní čísla náprav daného ráku se od sebe oddělují pomocí lomítka (např. 1544/1546). Avšak ve většině případech by měla plně postačovat znalost alespoň dvou případně tří údajů jako je datum měření, číslo podvozku a výrobní čísla náprav. Tedy buňka pro vyhledávání pomocí čísla lokomotivy má spíše formální charakter. Výstupní protokol je opět nastaven tak, aby kontroloval veškeré dovolené tolerance a v případě jejich překročení danou hodnotu zvýraznil. List „Výstup“ lze vidět na obr.č.20.



Obr.č.20: Ukázka listu „Výstup“

Druhý list „Data“

V pořadí druhý list programu, nazvaný jako „Data“, plní funkci databáze naměřených hodnot. Do tohoto listu budou, v případě zakoupení navrhovaného zařízení, zanášena veškerá naměřená data pomocí softwaru. V jiném případě se hodnoty budou zanášet manuálně. Pro zvětšení databáze respektive pro větší historii měření, je zamýšleno doplnění všech hodnot z již dříve vypracovaných výstupních protokolů. Takto získaná data mohou následně vypovídat o vývoji poruch, četnosti měření, a samotné historii rámu popřípadě lokomotivy. Veškeré hodnoty k jednotlivým měřením se budou zapisovat do řádků.

Do druhého listu se vždy musí uvést čtyři základní údaje, na základě kterých se budou později vyhledávat výsledky daného měření a to datum měření, číslo lokomotivy, číslo podvozku a výrobní čísla náprav. Veškeré hodnoty k jednotlivým měřením se budou zapisovat do řádků. Pro kontrolu, zda byly naměřené hodnoty v příslušných tolerancích, jsou zavedené podmínky přes funkci formátování buněk. Tedy jestliže dojde k překročení tolerance, tak příslušný údaj bude zvýrazněn tučným písmem červené barvy.

Zavedením filtrů je umožněno seřadit hodnoty například podle stáří daného měření nebo čísla lokomotivy. Další možností práce zavedených filtrů s databází je výběr pouze těch měření, která potřebujeme. Tedy jestliže například byla lokomotiva číslo 163095-3 měřena ve společnosti již vícekrát a nevíme přesně, kdy tato měření proběhla, tak si necháme pomocí filtru vyvolat pouze tuto lokomotivu apod. Pro lepší práci s rozsáhlou data-

bázi je program nastaven tak, že při pohybu v tabulce směrem dolů bude první řádek vždy zobrazen. Tedy se nemůže stát, že by zaměstnanec pracující s daty ztratil přehled o jednotlivých rozměrech. Orientace v případě řádků je zajištěna pomocí barevného zpracování, a také oddělením jednotlivých měření v rámci jedné lokomotivy tučnou čarou. List „Data“ je vyobrazen na obr.č.21.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Datum měření:	Číslo lokomotivy:	Číslo podvozku:	Výrobní číslo náprav:	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	d ₇	d ₈	d ₉	d ₁₀	d ₁₁	d ₁₂	d ₁₃
2	15.5.2012	163035-1	16494	465/455	104,89	104,85	104,87	104,86	104,89	104,85	104,87	104,86	0,00	0,01	0,10	0,03	0,05
3	15.5.2012	163035-1	19495	466/456	104,88	104,84	104,86	104,85	104,88	104,84	104,86	104,85	0,00	0,01	0,10	0,03	0,05
4	1.3.2012	163004-1	49775	123/654	104,87	104,86	104,89	104,85	104,87	104,86	104,89	105,01	0,00	0,03	0,05	0,01	0,10
5	1.3.2012	163004-1	49776	124/655	104,86	104,85	104,88	104,84	104,86	104,85	104,88	104,60	0,00	0,03	0,05	0,01	0,10
6	9.9.2011	163034-1	15455	1879/1654	104,89	104,85	104,87	104,85	104,87	104,85	104,87	104,86	0,03	0,10	0,01	0,00	0,05
7	9.9.2011	163034-1	15456	1880/1655	104,88	104,84	104,86	104,84	104,86	104,84	104,86	104,85	0,03	0,10	0,01	0,00	0,05
8	1.8.2011	163039-1	16465	1648/4978	104,89	104,85	104,87	104,85	104,87	104,85	104,87	104,86	0,03	0,10	0,01	0,00	0,05
9	1.8.2011	163039-1	16466	1649/4979	104,88	104,84	104,86	104,84	104,86	104,84	104,86	104,85	0,03	0,11	0,01	0,00	0,05
10	7.7.2011	163035-1	49587	4955/4689	104,89	104,85	104,87	104,86	104,89	104,85	104,87	104,86	0,03	0,10	0,03	0,01	0,02
11	7.7.2011	163035-1	49588	4956/4690	104,88	104,84	104,86	104,85	104,88	104,84	104,86	104,85	0,03	0,10	0,03	0,01	0,02
12	7.4.2011	163001-1	18475	497/911	104,89	104,85	104,87	104,85	104,87	104,85	104,87	104,86	0,03	0,10	0,01	0,00	0,05
13	7.4.2011	163001-1	18476	498/912	104,88	104,84	104,86	104,84	104,86	104,84	104,86	104,85	0,03	0,10	0,01	0,00	0,05
14	8.9.2010	163002-1	15568	8879/123	104,89	104,85	104,87	104,86	104,89	104,85	104,87	104,86	0,00	0,01	0,10	0,03	0,05
15	8.9.2010	163002-1	15569	8880/124	104,88	104,84	104,86	104,85	104,88	104,84	104,86	104,85	0,00	0,01	0,10	0,03	0,05
16	7.8.2010	163005-1	15556	456/9779	104,89	104,85	104,87	104,86	104,89	104,85	104,87	104,86	0,03	0,10	0,03	0,01	0,02
17	7.8.2010	163005-1	15557	457/9780	104,88	104,84	104,86	104,85	104,88	104,84	104,86	104,85	0,03	0,10	0,03	0,01	0,02
18	1.8.2010	163036-1	59785	4870/4987	104,87	104,86	104,89	104,85	104,87	104,86	104,89	104,85	0,00	0,03	0,05	0,01	0,10
19	1.8.2010	163036-1	59786	4871/4988	104,86	104,85	104,88	104,84	104,86	104,85	104,88	104,84	0,00	0,03	0,05	0,01	0,10
20	6.6.2010	163003-1	59978	7910/321	104,89	104,85	104,87	104,86	104,89	104,85	104,87	104,86	0,03	0,10	0,03	0,01	0,02
21	6.6.2010	163003-1	59979	7911/322	104,88	104,84	104,86	104,85	104,88	104,84	104,86	104,85	0,03	0,10	0,03	0,01	0,02
22	2.2.2010	163021-1	58475	1554/1524	104,89	104,85	104,87	104,86	104,89	104,85	104,87	104,86	0,03	0,10	0,03	0,01	0,02
23	2.2.2010	163021-1	58476	1553/1525	104,88	104,84	104,86	104,85	104,88	104,84	104,86	104,85	0,03	0,10	0,03	0,01	0,02
24	4.5.2009	163014-1	19195	559/988	104,87	104,86	104,89	104,85	104,87	104,86	104,89	104,85	0,00	0,03	0,05	0,01	0,10
25	4.5.2009	163014-1	19196	560/989	104,86	104,85	104,88	104,84	104,86	104,85	104,88	104,84	0,00	0,03	0,05	0,01	0,10
26	23.4.2009	163021-1	58475	1554/1524	104,87	104,86	104,89	104,85	104,87	104,86	104,89	104,85	0,00	0,03	0,05	0,01	0,10
27	23.4.2009	163021-1	58476	1553/1525	104,86	104,85	104,88	104,84	104,86	104,85	104,88	104,84	0,00	0,03	0,05	0,01	0,10
28	19.9.2002	163040-1	15874	4565/1669	104,89	104,85	104,87	104,86	104,89	104,85	104,87	104,86	0,00	0,01	0,10	0,03	0,05
29	19.9.2002	163040-1	15875	4566/1670	104,88	104,84	104,86	104,85	104,88	104,84	104,86	104,85	0,00	0,01	0,10	0,03	0,05
30	1.2.2001	163021-1	58475	1554/1524	104,89	104,85	104,70	105,01	104,89	104,85	104,87	104,86	0,11	0,01	0,10	0,03	0,05
31	1.2.2001	163021-1	58476	1553/1525	104,88	104,84	104,86	104,90	104,88	104,84	104,86	104,85	0,00	0,50	0,10	0,03	0,05
32																	
33																	
34																	

Obr.č.21: Ukázka listu „Data“

MĚŘÍCÍ LIST RÁMU PODVOZKU LOKOMOTIVY

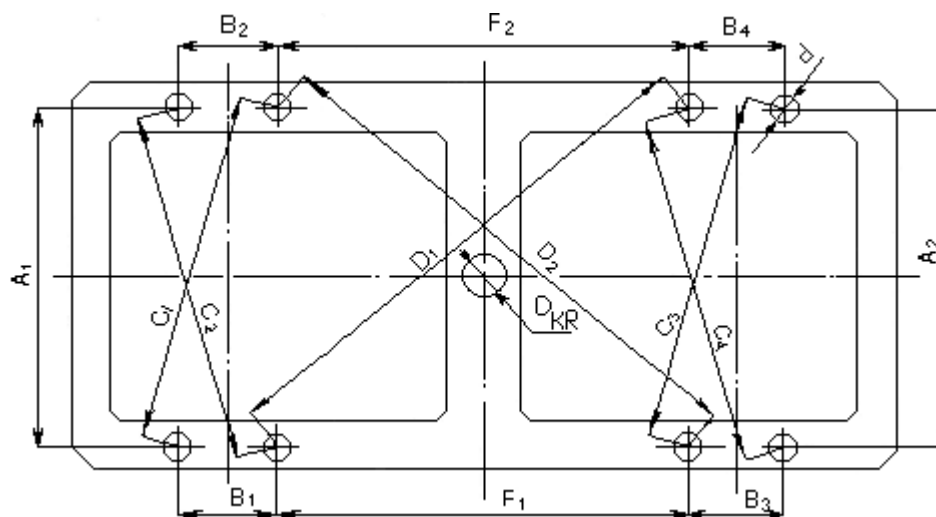
(řady 162, 163, 362, 363)

Číslo lokomotivy:

Datum měření:

Číslo podvozku:

Výrobní čísla náprav:



Měření vodících čepů a pouzder vodících čepů

Výkresový rozměr [mm]	Naměřené hodnoty [mm]							
	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	d ₇	d ₈
d = 105⁺⁰_{-0,3}								
max d_{oval} = 0, 1								
Výkresový rozměr [mm]	Naměřené hodnoty [mm]							
	D _{1-pouz}	D _{2-pouz}	D _{3-pouz}	D _{4-pouz}	D _{5-pouz}	D _{6-pouz}	D _{7-pouz}	D _{8-pouz}
D_{pouz}								
max t = (0, 27 – 0, 41)								

Měření otočného čepu a pouzdra otočného čepu

Výkresový rozměr [mm]	Naměřené hodnoty [mm]
	D _{KR}
D_{KR} = 140⁺⁰_{-0,7}	
max D_{oval} = 0, 1	
Výkresový rozměr [mm]	Naměřené hodnoty [mm]
	D _{pouz}
D_{KR-pouz} = 140⁺¹₋₀	

MĚŘÍCÍ LIST RÁMU PODVOZKU LOKOMOTIVY

(řady 162, 163, 362, 363)

Měření křížových hodnot

Výkresový rozměr [mm]	Naměřené hodnoty [mm]			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
C = 2131,4^{+0,4}_{-0,3}				
rozdíl max 1				
Výkresový rozměr [mm]	Naměřené hodnoty [mm]			
	D ₁		D ₂	
D = 3229,7 ± 1				
rozdíl max 2				

Měření podélných a příčných rozměrů

Výkresový rozměr [mm]	Naměřené hodnoty [mm]			
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
B = 680 ± 0,6				
rozdíl max 1				
Výkresový rozměr [mm]	Naměřené hodnoty [mm]			
	F ₁		F ₂	
F				
rozdíl max 1				
Výkresový rozměr [mm]	Naměřené hodnoty [mm]			
	A ₁		A ₂	
A = 2020 ± 0,8				

Měření provedl:

Kontrolu provedl:

d – průměr vodícího čepu ; *d_{oval}* - ovalita vodícího čepu ; *D_{pouz}* – průměr pouzdra vodícího čepu ; *D_{KR}* – průměr otočného čepu ; *D_{KR-pouz}* – průměr pouzdra otočného čepu ; *D_{oval}* – ovalita otočného čepu ; *D_{pouz}* – průměr pouzdra otočného čepu ; *t* – polovina rozdílu mezi průměrem čepu a pouzdra ; *C, D* – křížové míry ; *A* – příčná míra ; *B, F* – podélné míry

5. Provozně ekonomické zhodnocení návrhu

V rámci návrhu nových technologií a metodik měření se navrhlo nové zařízení v celkové hodnotě 6 342 644,- Kč bez DPH. Vzestupně podle ceny to jsou čtyři nekonečné kruhové smyčky v hodnotě 4 644,- Kč, polohovadlo 2x5t za 998 000,- Kč a laserový Tracker AT901-MR s potřebným příslušenstvím za cenu 5 340 000,- Kč. Detailní popis ekonomického zhodnocení návrhu je uveden níže s podrobnějším popisem jednotlivých položek.

Zhodnocení nekonečných kruhových smyček

Navrhnuté vázací prostředky pro přenášení rámu podvozků nazývané také jako nekonečné kruhové smyčky, které mají nahradit poměrně těžká a neforemní ocelová lana stojí 1 161,- Kč bez DPH. V rámci návrhu se počítá se čtyřmi smyčkami, které budou o nosnosti 8 t a délce 3 m, to znamená, že pořizovací cena všech vázacích prostředků bude činit 4 644,- Kč. Záměna ocelových lan za tyto smyčky nemá v provozu z hlediska ekonomického žádný význam, avšak výhodou je možnost lepšího a bezpečnějšího uvazování břemene.

Zhodnocení polohovadla 2x5t

Polohovadlo 2x5t od společnosti FEREX-ŽSO s. r. o. se sídlem v Liberci lze, na základě fiktivní objednávky, která byla vytvořena na podmět DP, pořídit za cenu 998 000,- Kč bez DPH. Zakoupením tohoto zařízení, které je nezbytně nutné pro měření rámu podvozků, se sice prodlouží doba měření respektive doba přípravy rámu na samotné měření, avšak dojde k výraznému zvýšení bezpečnosti práce, což je hlavním důvodem navržení tohoto přístroje. Jestliže by společnost DPOV váhala se zakoupením polohovadla pro tyto účely a nadále praktikovala měření rozměrů pod zavěšeným břemenem, tak by se stále vystavovala nebezpečí vysokých sankcí od SÚIP. V horším případě, jako je úraz nebo usmrcení pracovníka spojený s pádem zavěšeného břemene by společnost musela vynaložit velkou finanční položku jako odškodné poškozeným a pokutu za nedodržení bezpečnosti práce. Také by mohlo v krajních případech dojít až k zákazu vykonávání činnosti. Tedy jestliže se vezmou v úvahu všechny výše uvedené rizika, tak je nutno říci, že pořizovací cena 998 000,- Kč je v porovnání s cenou lidského zdraví či života velmi nízká. Polohovadlo lze také využít nejen pro měření rozměrů rámu, ale i pro opravárenskou činnost jak je například svařování rámu.

Zhodnocení AT901-MR

Pořizovací cena přístroje, což je samotný Tracker se stojanem a pětimetrovým kabelem pro motor a senzor Trackeru činí v přepočtu přibližně 3 300 000,- Kč bez DPH. Při návrhu nových měřících technologií se počítá s využitím přídatného zařízení T-Probe, které lze pořídit v cenové relaci cca 1 520 000,- Kč. V této ceně je započítáno například i zařízení nazývané T-Cam MR nebo sada dotekových hrotů pro zařízení T-Probe. Příslušenství pro měřící zařízení, ve kterém mohou být například zahrnuty reflektory různých velikostí, digitální vodováha Nivel230 a další možné příslušenství dle objednávky nebo doporučení prodejce lze přibližně koupit za cenu 180 000,- Kč. K zařízení je taktéž nezbytně nutné pořídit příslušný software s výpočetní technikou. Výpočetní technikou je myšlen notebook s dálkovým dotekovým ovládáním Apple® Talisman. Cena programu pro měření a výpočetní technika se pohybuje okolo 245 000,- Kč. Tedy jestliže by si společnost DPOV a. s. pořídila navrhované měřící zařízení typu AT901-MR s výše zmiňovaným příslušenstvím spojené s odborným školením zaměstnanců, tak by cena zakoupení byla přibližně 5 340 000,- Kč bez DPH.

Navrhnuté měřící zařízení Leica Absolute Tracker AT901-MR je v porovnání s ostatními laserovými Trackery cenově dražší. Například Tracker API Radian, při podobné výbavě avšak s menší přesností stojí 4 601 000,- Kč bez DPH. AT901-MR s příslušenstvím i přes svou vysokou pořizovací cenu přináší do měření velké množství výhod a možností využití. Správnou přípravou a používáním Trackeru lze snížit pracovní čas až o 50 % oproti konkurenci. Jedním z mnoha důvodů je například možnost takřka okamžitého měření, protože není zapotřebí reference zařízení před měřením jak je tomu u Trackeru API Radian. Dalším ekonomickým přínosem pro použití AT901-MR v porovnání s jinými druhy měřidel jako jsou měřící ramena je možnost při správném uložení Trackeru měřit z jednoho místa. Tím se sníží jednak nepřesnost měření a také čas potřebný pro přemístění měřidla na jiné vhodné místo, ze kterého by pokračovalo měření. Kompletní porovnání měřícího zařízení s měřícím ramenem je znázorněno v tab. č.2.

Tab.č.2.: Porovnání AT901-MR s měřícím ramenem - [20]

Operace	Leica s použitím T-Probe	Měřící ramena
Zapnutí	<8 min / <5 min	<5 min
Potřebný počet operátorů	1	1
Počet pozic potřebný pro měření	1	min 4
Přibližný čas měření	15 min	60 min
Přibližný čas přesunutí	-	15 min
Přesnost měření	0,06 mm	>0,2 mm
Přibližný celkový čas měření	23 min	75 min

Jestliže se vezme v úvahu doba odpisu pořízeného měřícího zařízení, která je tři roky a vztáhne se na změřené rámy za jeden rok, tak lze ilustrativně znázornit zatížení pořizovacími náklady na tato měření. Odpisy měřícího zařízení a softwaru jsou k nahlédnutí v tab.č.3. Z tabulky lze vyčíst, že celková odpisová částka bude v prvním roce činit 1 094 667,- Kč. To tedy znamená, při měření 74 ráků ročně ve společnosti DPOV a. s., finanční zatížení na jeden rám ve výši 14 793,- Kč. V následujících dvou letech se odpisová částka takřka zdvojnásobí na částku 2 122 667,- Kč, to znamená, že měření jednoho ráku bude zatíženo 28 685,-Kč. Z tohoto příkladu plyne fakt, že využití měřidla se softwarem pouze pro účely měření rozměrů ráků by celý proces v průběhu tří let značně prodražil. Pro snížení tohoto finančního zatížení a k zajištění návratnosti vysoké pořizovací ceny Trackeru v co nejkratší době je nutnost stálého nasazení v pracovním režimu. Tyto vynaložené náklady lze také úspěšně kompenzovat možností měření i na jiných pracovištích DPOV a. s. případně pro externí zájemce. V případě, že by společnost již zařízení nechtěla nadále využívat, tak se naskýtá možnost rychlého odprodeje za poměrně vysokou zbytkovou hodnotu, což také pokryje jisté ztráty spojené s pořízením přístroje.

Tab.č.3.: Odpisy AT901-MR a softwaru s přepočtem na jeden rám

Doba odpisu	AT901-MR [Kč]	Software [Kč]	Celkem [Kč]	Ráků za rok	Odpis na jeden rám [Kč]
1. rok	1 028 000	66 667	1 094 667	74	14 793
2. rok	2 056 000	66 667	2 122 677	74	28 685
3. rok	2 056 000	66 667	2 122 677	74	28 685

6. Závěr

Úkolem diplomové práce bylo navrhnout nové možné technologie, které by se daly využít pro měření rámu podvozků elektrických hnacích vozidel ve společnosti DPOV a. s. Povinností, před samotným návrhem nové metody měření, bylo řádné seznámení s legislativou oprav ŽKV, metrologií, chybami měření a především se současným způsobem provádění měření rámu podvozků ve společnosti. Tyto získané znalosti jsou obsaženy v první kapitole diplomové práce „Analýza požadavků a postupů při zjišťování rozměrových parametrů podvozků kolejových vozidel v rámci jejich opravy“. V následující kapitole, která je velmi důležitá pro návrh samotného měření, je proveden průzkum možných technologií. Také jsou zde popsány veškeré výhody a nevýhody uvedených měřidel. Součástí nebo-li cílem DP byl také návrh zpracování naměřených dat, tudíž ani popis možných softwarů pro tyto účely zde nejsou opomenuty. Pro lepší orientaci v dané problematice bylo absolvování měření rámu podvozků nejen ve společnosti DPOV a. s., ale i ve společnosti EKOVA ELECTRIC a. s. a společnosti CZ LOKO a. s. Třetí kapitola se zabývá již samotným návrhem nových technologií pro měření. V podstatě se skládá ze dvou částí. První část se velmi podrobně zabývá technickým popisem navržených zařízení. V druhé části kapitoly je popsán postup měření. Tato část je završena vypracovaným postupem měření pro rámy podvozků s vedením ložiskových skříní vodícími čepy. Následující kapitola DP „Návrh elektronického systému pro sběr a prezentaci získaných údajů v průběhu opravy a zkoušení podvozků“ se zabývá podrobným popisem charakteru použitého softwaru pro zpracování naměřených dat a popisem jeho funkcí. Dále je zde proveden možný návrh naprogramování softwaru pro měření rámu podvozků jak s vedením vodícími čepy, tak i s osičkovým vedením. Návrh je završen vytvořením výstupního protokolu z měření a také vytvořením programu pro archivaci, prezentaci a zpětné vyvolávání naměřených hodnot. Pátá a zároveň poslední kapitola se zabývá finančními náklady spojenými s pořízením navrhnutého zařízení a příslušenství. Také jsou zde zdůrazněny důvody proč zařízení pořídit a jaké přináší.

V rámci diplomové práce byly dále získány výstupní protokoly měření rámu podvozků ze společnosti DPOV a. s., Pars nova a. s. a CZ LOKO a. s. Tyto výstupní protokoly jsou uvedeny jako přílohy k této diplomové práci.

7. Seznam použité literatury

- [1] *Zákon o drahách 266/1994 Sb.*
- [2] *KVs1 – B - 2009*
- [3] *Vyhláška 173/1995 Sb.*
- [4] *ČD V99/21*
- [5] *Zákon č. 505/1990 Sb.*
- [6] *Katalog měřidel firmy MAHR – 4.2.2012*
- [7] *Katalog měřidel firmy MITUTOYO – 4.2.2012*
- [8] *Udržovací předpis elektrické dvounápravové lokomotivy Es 499.1013-1042*
- [9] *ČSN P ENV 13005 (01 4109)*
- [10] *Strojírenská metrologie, Šárka Tichá*
- [11] *Měření soustoposti kol (materiály od Ekova Elektic)*
- [12] <http://www.monteco.cz/zvedaci-pasy-kruhove-smycky-nekonecne-smycky-PES.php> –
4.4.2012
- [13] <http://www.nms.sk> - **4.4.2012**
- [14] http://www.hexagonmetrology.cz/Laser-Tracker-systemy_108.htm - **4.4.2012**
- [15] <http://www.metrotest.cz/merici-ramena.html> - **19.3.2012**
- [16] *Návod k obsluze a údržbě – polohovadlo 2x5t – FEREX ŽSO LIBEREC; fotodokumentace – 21.3.2012*
- [17] <http://www.metallan.cz/vazaci-prostredky/vazaci-prostredky/textilni-vazaci-prostredky/n-0.html> - **6.4.2012**
- [18] www.cadfamily.com - *PolyWorksReferenceGuide.pdf* – **21.4.2012**
- [19] *Výstup z měření společnosti Pars nova a. s. pro DPOV a.s.*
- [20] *Dokumentace poskytnutá společností NMS s. r. o.*

8. Seznam příloh

Příloha A: CD s úplným textem diplomové práce a programem pro databázi měření

Příloha B: Výstupní protokol měřicího listu rámu podvozku společnosti DPOV a. s.

Příloha C: Výstupní protokol měřicího listu rámu podvozku společnosti Pars nova a. s.

Příloha D: Výstupní protokol měřicího listu rámu podvozku společnosti CZ LOKO a. s.

Příloha E: Výstupní protokol měřicího listu rámu podvozku společnosti CZ LOKO a. s.

Příloha F: Navrhnutý výstupní protokol měřicího listu rámu podvozku s vedením ložiskových skříní pomocí ojnic pro společnost DPOV a. s.

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat osobám, které mi pomáhali při vypracovávání mé diplomové práce. Jmenovitě to jsou vedoucí diplomové práce tj. Ing. Jaromír Široký, Ph.D a Ing. Ivan Klíma ze společnosti DPOV a. s., kteří mě vedli a poskytli většinu použitých předpisů a vyhlášek. Ing. Matej Sámel ze společnosti NMS s. r. o. se sídlem v Bratislavě, který mi poskytl veškeré informace týkající se navrhnutého softwaru a měřicího zařízení. Ing. Radim Škoda, který mě přijal a provedl ve společnosti CZ LOKO a. s. s ukázkou měření rámu pomocí měřicího ramene. František Baláš (FEREX-ŽSO s. r. o.) mi poslal technickou dokumentaci k polohovadlu a jeho fotodokumentaci, která je použita v DP. Ing. Boris Cefer mi dodal potřebné informace o možnosti měření ve společnosti EKOVA ELEKTRIC a. s. a zároveň umožnil nahlédnutí do provozu. Získat fotodokumentaci k měření ve společnosti DPOV a. s., která je použita v diplomové práci, mi umožnil Ing. František Vaculík.